

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Návrh pracoviště pro testování cyklického otevírání dveří

Workplace Design for Cyclic Testing of Door Opening

Student:

Bc. Petr Mayer

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Mayer**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T013 Robotika
Téma: **Návrh pracoviště pro testování cyklického otevírání dveří**
Workplace Design for Cyclic Testing of Door Opening

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte současný stav kontroly dveří vyráběných firmou VIPAX a.s. Vyberte typy dveří vhodné pro automatické testování.
2. Specifikujte požadavky na automatickou kontrolu vybraných typů dveří.
3. Navrhněte varianty řešení pracoviště pro automatickou kontrolu. Vyberte optimální variantu.
4. Vypracujte technické řešení vybrané varianty, doložte potřebnými výpočty a sestavným výkresem celkové dispozice pracoviště.
5. Po dohodě s vedoucím práce konstrukčně zpracujte vybrané komponenty pracoviště.
6. Vypočítejte náklady na výrobu navrženého pracoviště.
7. V závěru zhodnoťte technicko-ekonomické parametry navrženého systému.

Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online] [cit. 2013-11-07]. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace>](http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace)
- [2] ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [3] ISO 690. Bibliografické citace: Obsah, forma a struktura. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [4] SKAŘUPA, J. *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. [online] 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. [cit. 2013-11-07]. 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/files/resources/kreativita_a_inovace.pdf>](http://robot.vsb.cz/files/resources/kreativita_a_inovace.pdf)
- [5] KÁRNÍK, Ladislav. *Periferní zařízení RTP*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. 127 s. ISBN 80-248-1221-5.
- [6] BURKOVIČ, Jan. *Navrhování RTP* [online]. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Strojní fakulta, 2002 [cit. 2013-11-07]. 112 s. ISBN 80-248-0217-1. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/file.php/navrhovani-rtp.pdf>](http://robot.vsb.cz/file.php/navrhovani-rtp.pdf)

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014

prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 19.5.2014

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo –diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19.5.2014

.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Petr Mayer

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Valachův Žleb, 4891
760 05 Zlín 5

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MAYER, P. *Návrh pracoviště pro testování cyklického otevírání dveří : diplomová práce*. Ostrava : VŠB– Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky, 2014, 96 s. Vedoucí práce: Konečný, Z.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem pracoviště pro testování otevírání dveří pro firmu Vipax a.s. V úvodu je popsána samotná firma a je proveden přehled výrobků. Dále jsou převzata potřebná data z norem, pro lepší nastínění problematiky, a také je provedena analýza současných testovacích zařízení. Následně jsou na základě požadavků firmy Vipax a.s. a zjištěných informací navrženy varianty řešení a jejich ekonomické zhodnocení. Po předložení variant vedení firmy je vybrána optimální varianta, která je dále konstrukčně zpracována. Jsou provedeny výpočty rámu, nejvíce namáhaných součástí a pohonu. V závěru je zhotoveno ekonomické zhodnocení. Výpočty jsou provedeny v programu Mathcad 14 a MitCalc. 3D model zařízení, jeho výkresy a pevnostní analýzy jsou vypracovány v prostředí Creo Parametric 2.0. Montážní popis je zhotoven v Creo Illustrate 3.0. Podle tohoto návrhu je zařízení vyrobeno firmou Vipax a.s.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

MAYER, P. *Workplace Design for Cyclic Testing of Door Opening: Diploma Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of robotics, 2012, 96 p. Thesis head: Konečný, Z.

Diploma thesis is deal with design workplace for testing opening doors for VIPAX a.s. company. In the start is described the company and the review of their products. Next are identification of necessary data from standarts for better outline the issues and analysis of current testing devices. Folowing are proposal of variants soulutions and economic study on the requirements of the company based and the collected information. After presenting variants to company manegment is selected optiml variant which is further designed. Next are made a calculation of a frame, a most stressed part and a drive. On the end is made economy study. Calculations are made in Mathcad 14 and MitCalc. 3D model, drawings and stress analysis are developed in Creo 2.0. Asembly description is made in Creo Illustrate 3.0. The device is built by VIPAX a.s company on the basic of this proposal.

Poděkování

Touto formou bych rád poděkoval firmě Vipax a.s. za zadání diplomové práce a její uskutečnění. Dále pak vedoucímu práce doc. Ing. Zdenku Konečnému, Ph.D. za věcné rady a připomínky k této práci. V neposlední řadě pak také rodičům, kteří mne po celou dobu ve studiu podporovali.

Obsah

0. Úvod	13
1. Rešerše	14
1.1. O firmě VIPAX a.s.	14
1.2. Výrobky VIPAX a.s.	14
1.2.1. Plynotěsný uzávěr ATD	14
1.2.2. Stavební uzávěr FRD III DP1 bez požární ochrany (PO)	15
1.2.3. Požární uzávěr - dveře FRD III DP1	15
1.2.4. Dveře ocelové FRD IV DP1 bez PO	16
1.2.5. Protipožární dveře FRD IV DP1	17
1.2.6. Požární uzávěr FRD – HFR DP1	18
1.2.7. Revizní dvířka	19
1.2.8. FRH – Poklop s požární odolností	19
1.2.9. Rozvaděčová skříň	20
1.2.10. Prosklené příčky	20
1.3. Značení	21
1.4. Výčet normy ČSN EN 14600	22
1.5. Zařízení provádějící cyklický test otevírání	26
2. Seznam požadavků	30
2.1. Zadáno firmou VIPAX a.s.	30
2.2. Požadavkový list	31
3. Navržené varianty řešení	32
3.1. Varianta 1E a 1P – s volným kloubem	32
3.2. Varianta 2E a 2P – s lineárním členem	34
3.3. Varianta 3 – s pneumatickým válcem	36
3.4. Varianta 4 – s elektromotorem a bubnem	37
3.5. Výpočty spotřeby	38
3.5.1. Elektromotor (varianta 1E)	38
3.5.2. Kyvný pneumotor (varianta 1P)	39
3.5.3. Lineární válec	40

4. Výběr optimální varianty	42
4.1. Hodnocení variant	42
4.2. Váha významnosti	42
4.2.1. Porovnávání hlediska	42
4.2.2. Zjištění váhy významnosti	43
4.3. Posouzení jednotlivých variant	45
4.3.1. Varianta 1E	45
4.3.2. Varianta 1P	45
4.3.3. Varianta 2E	46
4.3.4. Varianta 2P	46
4.3.5. Varianta 3	46
4.3.6. Varianta 4	47
4.4. Výběr optimální varianty	47
4.5. Optimální varianta	48
5. Konstrukční řešení optimální varianty	49
5.1. Popis	49
5.2. Hlavní rám	51
5.3. Rám pneumatických prvků	54
5.3.1. Pevný rám	54
5.3.2. Posuvný rám	55
5.3.3. Uložení zamykacího mechanismu	56
5.4. Rám motoru	57
5.4.1. Uložení bubnu	58
5.5. Uchycení kladek	59
5.6. Senzory	60
5.7. Popis testovacího cyklu	62
6. Určení potřebné otevírací síly	67
6.1. Ruční výpočet síly	67
6.2. Experimentální metoda určení síly	71
6.2.1. Vipax a.s.	72
6.2.2. Superpočítačové centrum (SPC) Ostrava - Poruba	73
6.2.3. 14 15 Baťův institut (INP) - Zlín	75

6.2.4.	14 15 Bat'ův institut (2NP) a přízemí – Zlín	76
6.2.5.	Výpočet otevírací síly z naměřených hodnot.....	78
7.	Výpočty	79
7.1.	Pohon	79
7.2.	Lano	81
7.3.	Zdvih pístů	83
8.	Schéma zapojení elektroniky	85
9.	Ekonomické zhodnocení.....	86
10.	Závěr	87
11.	Použitá literatura	89
12.	Seznam příloh.....	91
13.	Seznam obrázků	92
14.	Seznam tabulek	95
15.	Seznam grafů.....	96

Seznam použitého značení

Označení	Název	Jednotka
c	Konstanta 1	[-]
C_{ce}	Celková cena elektromotoru	[Kč]
C_{me}	Cena elektromotoru (s měničem)	[Kč]
C_{mpk}	Cena kyvného pneumotoru	[Kč]
C_{ne}	Cena převodovky elektromotoru	[Kč]
C_{se}	Cena spojky elektromotoru	[Kč]
D_b	Průměr navíjecího bubnu	[mm]
D_{pp}	Průměr pístu	[mm]
d_{pp}	Průměr pístnice	[mm]
e	Eulerovo číslo	[-]
ef_{kpk}	Využití kompresoru kyvný pneumotor	[%]
ef_{kpp}	Využití kompresoru pneumatický válec	[%]
$F_{\check{c}}$	Čepová (vláknová) třecí síla	[N]
F_{dov}	Dovolená síla	[N]
F_{exp}	Experimentálně naměřená síla	[N]
F_g	Gravitační síla	[N]
F_{max}	Maximální síla	[N]
F_{max_exp}	Maximální síla naměřená experimentálně	[N]
F_t	Posuvná třecí síla	[N]
f_{tb}	Koeficient tření (ocel - bronz)	[-]
f_{tt}	Koeficient tření (ocel - teflon)	[-]
F_{zav}	Síla samozavírače	[N]
g	Tíhové zrychlení	[m·s ⁻¹]
k	Konstanta 2	[-]
k_b	Koeficient bezpečnosti	[-]
k_{bL}	Koeficient bezpečnosti lana	[-]
k_{tv}	Koeficient vláknového tření	[-]
l_{1250}	Šířka dvevního křídlo 1250mm	[mm]
l_l	Celková délka lana	[mm]
l_n	Potřebná délka k navinutí	[mm]
l_p	Vzdálenost navíjecího bubnu od pantů	[mm]
$l_{před}$	Délka lana na přední straně	[mm]
$l_{před}$	Délka lana na zadní straně	[mm]
l_{zk}	Vzdálenost zadní kladky od dveří	[mm]

m_d	Hmotnost dveří použitých při experimentu	[kg]
m_d	Hmotnost testovaných dveří	[kg]
M_e	Krouticí moment elektromotoru	[N·m]
M_k	Krouticí moment	[N·m]
M_{max}	Maximální krouticí moment na bubnu	[N·m]
M_{pk}	Krouticí moment pneumotoru	[N·m]
M_{set}	Přídavek na rozběh	[%]
n_b	Otáčky bubnu	[ot·min ⁻¹]
n_c	Počet cyklů celkově	[-]
n_{cycl}	Počet cyklů za minutu	[1·min ⁻¹]
n_e	Otáčky elektromotoru	[ot·min ⁻¹]
n_K	Počet kladek	[-]
n_L	Počet ložisek	[-]
n_p	Počet pantů	[-]
oko	Vzdálenost oka od kraje dveří	[mm]
p	Přímka	[-]
P_e	Výkon elektromotoru	[W]
P_{kom}	Příkon kompresoru	[W]
p_{kom}	Tlak kompresoru	[MPa]
p_{ks}	Počet kusů	[-]
P_l	Pevnost lana v tahu (počítaná)	[kN]
P_{pk}	Výkon kyvného pneumotoru	[W]
$provoze$	Cena provozu kyvného pneumotoru za měsíc	[Kč]
$provoz_{pk}$	Cena provozu elektromotoru za měsíc	[Kč]
P_{tah}	Pevnost lana v tahu (zadaná)	[kN]
q	Směrnice přímky	[-]
q_{kom}	Průtok kompresoru	[m ³ ·min ⁻¹]
$sazba_e$	Cena za 1kWh	[Kč]
spo	Spotřeba	[l]
spo_{100}	Spotřeba kyvného pneumotoru 130°	[l]
spo_{180}	Spotřeba kyvného pneumotoru 180°	[l]
spo_{pkmin}	Spotřeba kyvného pneumotoru za minutu	[m ³ ·min ⁻¹]
spo_{ppmin}	Spotřeba na jeden zdvih	[l]
spo_{ppzd}	Spotřeba za minutu pneumatický válec	[m ³ ·min ⁻¹]
$spot_e$	Spotřeba elektromotoru za měsíc	[kW·h]
$spot_{pk}$	Spotřeba elektromotoru za měsíc	[kW·h]
T_c	Doba jednoho cyklu	[s]
T_o	Doba otevírání	[s]
T_{pe}	Doba provozu elektromotoru	[h]

T_{ppk}	Doba provozu kyvného pneumotoru	[h]
T_t	Doba testování	[den]
uz_e	Využití za 1 cyklus	[%]
v_{pp}	Rychlost výsuvu pístu	[mm·s ⁻¹]
V_{pp}	Spotřeba za měsíc pneumatický válec	[kW·h]
V_{pp}	Cena provozu pneumatického válce za měsíc	[Kč]
x_{vs}	X-ová souřadnice směrového vektoru	[-]
y_{vs}	Ypsilonová souřadnice směrového vektoru	[-]
z	Zdvih pístu	[mm]
z_b	Počet závitů lana na bubnu	[-]
z_{min}	Minimální počet závitů lana na bubnu	[-]
z_{pp}	Zdvih pístu	[mm]
z_{tr}	Ztráty v pneumatickém vedení	[-]
α	Kontaktní úhel tření	[°]
α_{lano}	Úhel svíraný lanem a dveřmi	[°]
π	Ludolfovo číslo	[-]
μ_c	Celková účinnost lanového vedení	[-]
μ_e	Účinnost elektromotoru	[-]
μ_K	Účinnost kladek	[-]
μ_L	Účinnost ložisek	[-]
μ_{pk}	Účinnost pneumotoru	[-]

0. Úvod

Dveře, stejně jako mnoho dalších výrobků, podléhají přísným normám a opatřením. Proto jsou budovány laboratoře a instituty, které tyto výrobky kontrolují a certifikují. V dnešní době, kdy je na trhu velká konkurence hlavně z asijských zemí, jsou tyto kontroly nezbytné, aby se vyselektovali výrobci, kteří dokážou požadavky norem a následné testování bezpečně splnit. Tyto testy jsou však nákladné a je tedy výhodnější si výrobek nejprve otestovat nezávisle, popřípadě si nechat certifikovat stroj, na kterém se bude výrobek testovat.

Pro dveře platí řada nařízení, co se týče mechanického namáhání, prostupu tepla, vlivu vlhkosti a dalších požadavků. Tato nařízení určují normy ČSN EN 14600 „Vrata, dveře a otevíravá okna s charakteristikami požární odolnosti a/nebo kouřotěsnosti - Požadavky a klasifikace“ a ČSN EN 12400 „Okna a dveře – Mechanická trvanlivost – Požadavky a klasifikace“. Pro získání téměř nezbytného certifikátu je nutné normy splnit.

Diplomová práce se zabývá návrhem zařízení pro testování cyklického otevírání dveří. Bude se zkoumat únava a případná destrukce komponent nebo materiálu dveří a také to, zda po předepsaném počtu cyklů plní dveře stále svoji funkci. Zároveň je potřeba měřit minimální sílu, potřebnou pro otevření dveří. Tyto zkoušky vyžadují zmíněné normy, které jsou následně v práci popsány. Zařízení je navrhováno pro firmu VIPAX a.s. se sídlem ve Zlíně a touto firmou bude i vyrobeno.

1. Rešerše

1.1. O firmě VIPAX a.s.

Firma VIPAX a.s. vznikla v roce 1998 ve Zlíně a vyráběla protipožární dveře pro Zlínský kraj. V této době si nechávala vyrábět komponenty od různých firem a dveře „pouze“ kompletovala (skladba dveří). Od roku 1998 prošla řadou změn a růstem jak z hlediska prostor, tak i technologie. Nyní se zabývá širším okruhem požární bezpečnosti staveb, zejména výrobou protipožárních vrat, dveří, dvířek atd. (viz. níže 1.2 Výrobky VIPAX a.s.). Většinu komponent si nyní navrhuje, vyrábí, kompletuje a expeduje sama. Výrobky dodává a montuje pro stavební firmy po celé České Republice i do zahraničí. Zaměstnává okolo třiceti interních zaměstnanců a řadí se tedy mezi malé firmy. Externě pak zaměstnává ještě několik montážních skupin. Samotná výroba probíhá ve dvou halách (staré a nové) a v jedné z těchto hal bude sestaveno navrhované zařízení pro testování otevírání dveří.

1.2. Výrobky VIPAX a.s.

1.2.1. Plynotěsný uzávěr ATD

„Plynotěsný uzávěr ATD (*Obr. 1.2 a Obr. 1.1*) je určený pro oddělení dvou prostorů s rozdílným tlakem a zajištění plynotěsnosti. Křídlo uzávěru tvoří ocelový plech o tl. 4mm s žebrovými výztuhami a celoobvodovým těsněním. Ovládání uzávěru je realizováno centrální pákou.“ [7]



Obr. 1.2 - Dvoukřídlý uzávěr ATD [7]



Obr. 1.1 - Jednokřídlý uzávěr ATD [7]

1.2.2. Stavební uzávěr FRD III DP1 bez požární ochrany (PO)

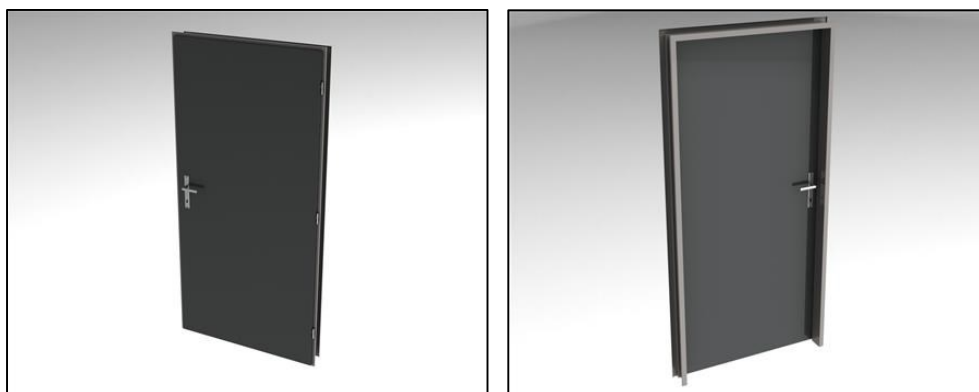
„Stavební uzávěr FRD III (*Obr. 1.3 a Obr. 1.4*) bez PO jsou ocelové dveře určené do vnitřních i obvodových stavebních otvorů pro civilní i průmyslovou výstavbu. Dveře vynikají svou spolehlivostí, výbornými zvukovými i tepelnými izolačními vlastnostmi. Plášť dveří je vyroben z pozinkovaného nebo nerezového plechu tl. 0,55 mm. Dodávány mohou být jako nezateplené nebo zateplené s koeficientem prostupu tepla $U = 1,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$.“ [7]

Možnosti provedení jsou:

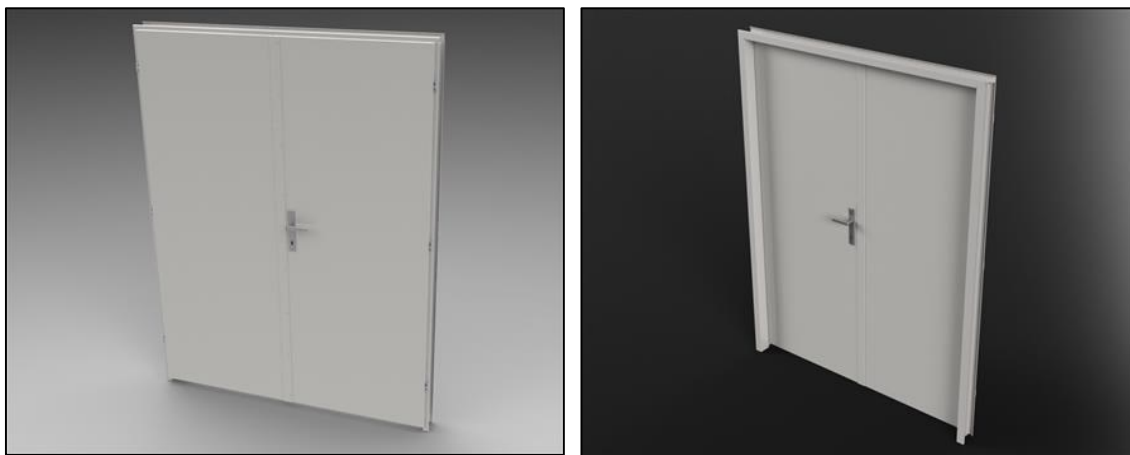
- Jednokřídlové do rozměrů 1100/2400 mm
- Dvoukřídlové. do rozměrů 2500/2500 mm
- Hladké plné, s větrací mřížkou, prosklení 1/3, 2/3 nebo 3/3 plochy

1.2.3. Požární uzávěr - dveře FRD III DP1

„Požární uzávěr FRD III (*Obr. 1.3 a Obr. 1.4*) jsou ocelové dveře určené do vnitřních i obvodových stavebních otvorů pro civilní i průmyslovou výstavbu. Konstrukce je tvořena ocelovým profilem a jádrem z izolačních materiálů. Plášť dveří je tvořen plechem o síle 0,8 mm. Dveře vynikají svou vysokou spolehlivostí a v zátěžovém testu byly zařazeny ve třídě C4 (vysoká frekvence používání veřejností s malou motivací provádění údržby) (*kapitola 1.4*). Možnosti provedení jsou stejné u uzávěrů bez PO s možností doplnění o kouřotěsnost nebo protihlukovou izolaci s útlumem $R_w = 40 \text{ dB}$ (2-kř. $R_w = 38 \text{ dB}$)“ [7]



Obr. 1.3 - Jednokřídlové dveře FRD III (PO i bez PO) [7]



Obr. 1.4 - Dvoukřídlové dveře FRD III (PO i bez PO) [7]

1.2.4. Dveře ocelové FRD IV DP1 bez PO

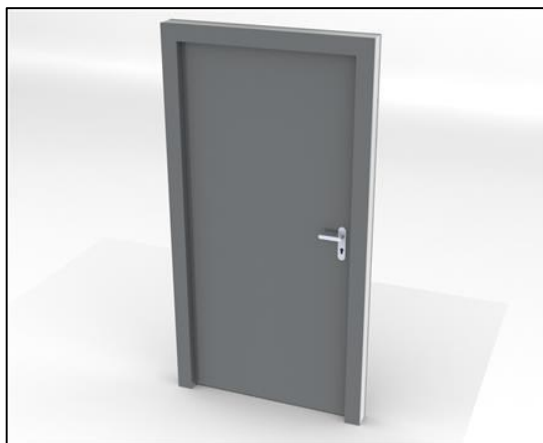
„Stavební uzávěr FRD IV (Obr. 1.5 a Obr. 1.6) jsou ocelové dveře bez PO. Jsou určeny do vnitřních i obvodových stavebních otvorů pro civilní i průmyslovou výstavbu. Dveře mají výborné zvukové i tepelné izolační vlastnosti. Jsou vhodné zejména do plášťů budov. Dveře vynikají svou spolehlivostí a tepelnými a izolačními vlastnostmi. Dodávány mohou být jako nezateplené nebo zateplené s koeficientem prostupu tepla $U = 1,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$.“ [7]

Možnosti provedení jsou:

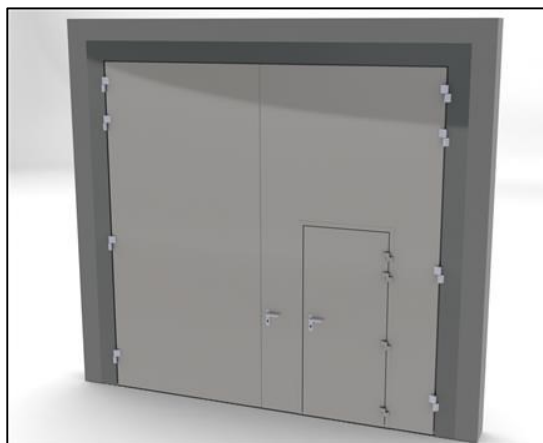
- Jednokřídlové do rozměrů 1200/2500 mm
- Dvoukřídlové. do rozměrů 2500/2500 mm
- Individuálně i ve větších rozměrech
- Hladké plné, s větrací mřížkou, prosklení 1/3, 2/3 nebo 3/3 plochy

1.2.5. Protipožární dveře FRD IV DP1

„Požární uzávěr FRD IV (*Obr. 1.5* a *Obr. 1.6*) jsou ocelové dveře s požární odolností. Jsou určeny do vnitřních i vnějších stavebních otvorů pro civilní, průmyslovou i speciální výstavbu s požadavkem na spolehlivost a požární bezpečnost. Konstrukce dveří je tvořena ocelovým profilem a jádrem z izolačních materiálů. Plášť dveří je tvořen plechem o síle 1,25 mm. Povrch dveří nebyl svařován, ani jinak povrchově narušen. Krytí IP 54. Možnosti provedení jsou stejné u uzávěrů bez PO s možností doplnění o kouřotěsnost nebo protihlukovou izolaci s útlumem $R_w = 45\text{dB}$ (2-kř. $R_w = 42\text{dB}$)“ [7]



Obr. 1.5 - Jednokřídlové dveře FRD IV (PO i bez PO) [7]



Obr. 1.6 - Dvoukřídlové dveře a vrata FRD IV (PO i bez PO) [7]

1.2.6. Požární uzávěr FRD – HFR DP1

„Požární uzávěr FRD HFR (*Obr. 1.7*) jsou ocelové dveře s vysokou požární odolností. Jsou určeny do vnitřních i vnějších stavebních otvorů pro průmyslovou a speciální výstavbu s požadavkem na vysokou spolehlivost a požární bezpečnost. Vhodné pro použití v prostředí se zvýšeným a vysokým požárním nebezpečím, např. skladů barev, čerpacích stanicích, rafinerií, chemických stanicích apod. s požární odolností a se zvukovým útlumem $R_w = 45\text{dB}$ (2-kř. $R_w = 42\text{dB}$)“ [7]

Možnosti provedení jsou:

- Jednokřídlové do rozměrů 1200/2500 mm
- Dvoukřídlové. do rozměrů 3000/3000 mm
- Individuálně i ve větších rozměrech
- Hladké plné, s větrací mřížkou, prosklení 1/3, 2/3 nebo 3/3 plochy



Obr. 1.7- Jednokřídlové a dvoukřídlové dveře s vysokou požární odolností FRD HFR (High fire resistance) [7]

1.2.7. Revizní dvířka

„Revizní dvířka (*Obr. 1.8*) slouží jako kontrolní otvory do stoupaček, do shozů nebo např. k rozvaděčům. Jsou určena do vnitřních i vnějších stavebních otvorů s nutností rychlého a jednoduchého přístupu. Výrobek je naprosto bezúdržbový se zárukou dlouhé životnosti.“ [7]

Možnosti provedení jsou:

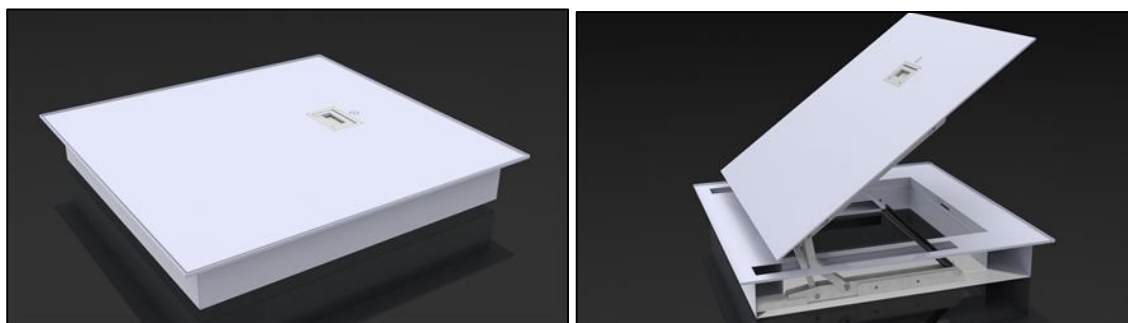
- Pod obklad (typ T)
- Jednokřídlové, dvoukřídlové



Obr. 1.8 – Revizní dvířka se čtyřhranným zámkem a revizní dvířka typ T [7]

1.2.8. FRH – Poklop s požární odolností

„Poklop FRH (*Obr. 1.9*) je určený pro uzavření průlezů a otvorů do technologických chodeb, kabelových kanálů nebo jiných podzemních prostor s nutností zabezpečení požární odolnosti. Aktivní část poklopu je tvořena ocelovým plechem s výztužemi s výplní. Pro snadnou manipulaci je víko poklopu podpíráno dvojicí plynových vzpěr. Zárubeň poklopu je tvořena ohýbaným ocelovým profilem s těsněním.“ [7]



Obr. 1.9 - FRH poklop (zavřeno / otevřeno) [7]

1.2.9. Rozvaděčová skříň

„Rozvodné zařízení s požární odolností pro rozvod elektrické energie, ve kterém ochranné, spínací a ovládací přístroje a nosné konstrukce tvoří jednotný technický úsek. Datový rozvaděč je určen pro telekomunikační a datový přenos.“ [7]

1.2.10. Prosklené příčky

„Prosklené příčky (*Obr. 1.10*) slouží jako náhrada stěny v místnostech, kde je potřeba nebo záměr mít přehled o situaci. Lze vyrobit jako PO i bez PO.“ [7]



Obr. 1.10 - Prosklené příčky (stěny) [7]

1.3. Značení

Značení je vypsáno ze stránek firmy Vipax a.s. [7]

- **EI 15, 30, 45, 60 a 90** (minut) výrobky požárně bezpečné
- **EW 15, 30, 45, 60 a 90** (minut) výrobky požárně odolné
- **E** označení celistvosti konstrukce (doba, po kterou nedojde k porušení celistvosti, tedy například k vytvoření trhlin, děr, vypadnutí části konstrukce, atd.)
- **I** označení pro konstrukce s požárně izolačními vlastnostmi (doba, po kterou jsou na neohřívané straně vzorku teploty nižší než mezní, které stanoví zkušební norma ČSN EN 1634-1 (nahradila ČSN 0852) či zkušební předpis
- **EI** bránící šíření tepla
- **W** označení pro konstrukce, omezeně propouštějící sálavé teplo (doba, po kterou je hustota tepelného toku ve stanovené vzdálenosti nižší než mezní, kterou stanoví zkušební nebo projektová norma ČSN EN 1634-1 či zkušební předpis)
- **EW** omezující šíření tepla
- **DP1** konstrukce, které obsahují pouze nehořlavé hmoty, například ocelový požární uzávěr
- **DP2** požární uzávěr z nehořlavých hmot (jak dřevěný, tak ocelový)
- **DP3** dřevěný požární uzávěr
- **S** kouřotěsný požární uzávěr (označuje schopnost zkoušené konstrukce zabránit proniku zplodin hoření v množství, které je zdraví nebezpečné)
- **C** uzávěr opatřený samozavíracím zařízením
- **R** označení pro únosnost konstrukce
- **32dB** zvukotěsný dřevěný požární uzávěr (maximální zvukotěsnost)
- **45dB** zvukotěsný ocelový požární uzávěr (maximální zvukotěsnost)

1.4. Výčet normy ČSN EN 14600

Použití výčtu této normy je pro tuto diplomovou práci schváleno „Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví“ [17]. Tabulky nejsou samostatně citovány, ale jsou součástí celé citace a nebudou zařazeny do seznamu tabulek na konci práce. (schválení viz. *příloha A*)

„Všeobecné požadavky:

Trvanlivost samozavírání musí být stanovena zkoušením podle EN 1191 pro dvevní sestavy pro pěší a otevíravá okna nebo podle EN 12605 pro vrata, a klasifikována podle tabulky 1.

Během zkoušky trvanlivosti nejsou dovoleny zlomy, trhliny, poškození a/nebo deformace, které mohou ovlivnit funkčnost dveří. Na konci zkoušky musí být zkušební vzorek plně funkční a světlost/zvětšení spár musí zůstat v tolerancích uvedených v EN 1634-1 a/nebo EN 1634-3, je-li to vhodné.

Třída	Počet zkušebních cyklů, které musí být provedeny
C5	200 000
C4	100 000
C3	50 000
C2	10 000
C1	500
C0	0

Tabulka 1 – zkušební cykly samozavírání

POZNÁMKA Příklady určeného použití:

- C5 předmět s velkou frekvencí používání;
- C4 vysoká frekvence používání veřejností s malou motivací provádění údržby;
- C3 střední frekvence používání zejména s určitou motivací provádění údržby;
- C2 nízká frekvence používání zejména s velkou motivací provádění údržby jako např. dveře soukromých rezidencí a velká průmyslová vrata;
- C1 udržované v otevřené poloze;
- C0 žádný ukazatel není stanoven.“[4] - str. 14-15; odstavec 4.8.1

„Ručně ovládaná dveřní křídla a otevíravá okna:

Dveřní sestavy a otevíravá okna, které jsou běžně otevírané klikou, a které jsou uvolňovány (otevírány) z zavřené polohy za požárních nebo kouřových podmínek, musí mít uzavírací rychlost, která nesmí překročit:

- a) maximální rychlost vodící hrany 300 mm/s pro otočné dveře a otevíravá okna;
- b) jednu desetinu šířky křídla za sekundu až do maxima 300 mm/s pro vodorovně posuvné dveře a otevíravá okna, nebo
- c) jednu desetinu šířky křídla za sekundu až do maxima 150 mm/s pro svisle posuvné dveře a otevíravá okna.

POZNÁMKA Pro svisle posuvné dveře, které se zavírají ovládáním elektrické energie při výšce počáteční ochrany proti kouři přibližně 2 m^{NP}) je požadavek c) důležitý pro druhotné uzavírání takových motoricky ovládaných dveří, které je dokončeno řízeným gravitačním pádem.

Kde jsou průmyslová vrata typu b) a c) uvolňována ze své aretační polohy směrem shora dolů, musí být řízena rychlost uzavírání doprovázena zvukovými a optickými výstražnými upozorněními.“[4] - str. 16; odstavec 4.9.2.1

„Zkouška provozuschopnosti:

Před začátkem požární zkoušky podle EN 1634-1 musí být u zkoušeného zkušebního vzorku zkontrolována funkčnost v požárním zkušebním rámu ovládaném z plně uzavřené polohy do plně otevřené, jak je to maximálně možné nebo nejméně o 90 stupňů (v případě otočných dveřních sestav a otevíravých oken), podle toho který je větší, po 25 cyklech. Toto otevírání a zavírání musí být ruční, pokud nejsou dveře osazeny samozavíracím zařízením, v takovém případě toto zařízení musí provádět zavírací funkci. Kde toto není možné vlivem pece nebo omezení rozměrů výrobků (např. velké posuvné dveře), je nezbytný minimální pohyb 300mm na cyklus. Doklad o této zkoušce musí být dokumentován v protokolu o zkoušce podle EN 1634-1.“[4] - str. 16; odstavec 5.1.1.1

„Zkušební vzorek samozavírače pro dveře a otevíravá okna bez koordinačního zařízení

Pro otočné požárně odolné dveře a otevíravá okna, které jsou deklarovány se samozavíráním, musí mít zkušební vzorek, který je předmětem zkoušky požární odolnosti po zkoušení podle požadavků 5.1.1.1 nebo 5.1.1.2 každé křídlo otevřené $10^{\circ} \pm 2^{\circ}$, držící po dobu 20 ± 2 s, a potom uvolněné bez nárazu rychlostí stanovenou v 4.9.2.1, která má zajistit dosažení jejich uzavřené polohy.

Pokud jsou osazeny neřízené zavírače dveří.^{NP)} jako uzavírací zařízení na samozavíracích požárně odolných dveřích, musí být dveřní křídlo otevřeno na $30^{\circ} \pm 2^{\circ}$.“ [4] - str. 19; odstavec 5.1.1.3

„Zkušební vzorek samozavírače pro dveře a otevíravá okna s koordinačním zařízením:

Pro dvoukřídlové otočné požárně odolné dveře a otevíravá okna, které jsou samozavírací a osazené koordinačním zařízením, musí být po kompletních zkouškách podle článku 5.1.1.1 nebo 5.1.1.2 aktivní křídlo dveří otevřené $10^{\circ} \pm 2^{\circ}$ ($30^{\circ} \pm 2^{\circ}$, pokud jsou osazeny neřízené zavírače dveří jako uzavírací zařízení pro samozavírání), držící po dobu 20 ± 2 s a potom se uvolnit bez nárazu a umožňující uzavření rychlostí stanovenou v 4.9.2.1, která má zajistit dosažení jejich uzavřené polohy. Následovně musí být křídla otevřena společně ovládáním klidového křídla jen do úhlu ne většího než $10^{\circ} \pm 2^{\circ}$ ($30^{\circ} \pm 2^{\circ}$, pokud jsou osazeny neřízené zavírače dveří jako uzavírací zařízení pro samozavírání), mimo minimální čekací polohu koordinačního zařízení. Klidové křídlo musí být 20 ± 2 s a potom uvolněno bez nárazu a uzavřeno rychlostí stanovenou v 4.9.2.1, která má zajistit dosažení jejich uzavřené polohy.

Pro dveře, u kterých může být klidové křídlo otevřeno jen po pracovním křídle, je částečně otevřením odjištěno klidové křídlo, pracovní křídlo může být otevřeno jako první mimo minimální čekací polohu koordinačního zařízení.“ [4] - str. 19; odstavec 5.1.1.4

„Příloha B (informativní)**Klasifikace požadavků pro prvky stavebního kování**

Většina, ale ne všechny EN pro stavební kování se řídí společnou úpravou klasifikace požadavků uvedenou níže, třebaže v některých případech všechny použitelné třídy nejsou používány. V kontextu tohoto dokumentu se musí používat následující klasifikace.

Kategorie použití:

- | | |
|-----------|---|
| Stupeň 1: | Nízká frekvence použití lidmi s velkou motivací provádění údržby a s malou možností, že se přihodí nehody nebo zneužití. |
| Stupeň 2: | Střední frekvence použití lidmi s určitou motivací provádění údržby, ale kde je nějaká možnost, že se přihodí nehody nebo zneužití. |
| Stupeň 3: | Vysoká frekvence použití veřejností s malou motivací provádění údržby a s velkou možností, že se přihodí nehody nebo zneužití. |
| Stupeň 4: | Pro použití dveří, které jsou předmětem častého násilného používání. |

Minimální klasifikace kování:

Trvanlivost/Počet zkušebních cyklů:

- | | |
|-------------|---|
| Stupeň 1: | 2 500 cyklů |
| Stupeň 2: | 5 000 cyklů |
| Stupeň 3: | 10 000 cyklů |
| Stupeň 4: | 25 000 cyklů |
| Stupeň 5: | 50 000 cyklů |
| Stupeň 6: | 100 000 cyklů nebo stupeň L 100 000 cyklů se zatížením strany 25N |
| Stupeň 7: | 200 000 cyklů |
| Stupeň 8: ; | 500 000 cyklů |
| Stupeň 9: | 1 000 000 cyklů |

Hmotnost dveřního křídla:

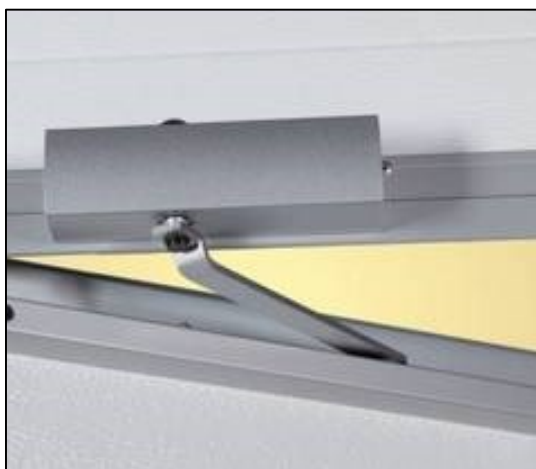
- | | |
|-----------|-------------------------|
| Stupeň 1: | do 20 kg |
| Stupeň 2: | do 40 kg |
| Stupeň 3: | do 60 kg |
| Stupeň 4: | do 80 kg |
| Stupeň 5: | do 100 kg |
| Stupeň 6: | do 120 kg |
| Stupeň 7: | do 160 kg |
| Stupeň 8: | do 200 kg |
| Stupeň 9: | do 250 kg“[4] - str. 23 |

1.5. Zařízení provádějící cyklický test otevírání

Samotné testování dveří, jak už bylo řečeno výše, slouží pro ujištění, zda byla splněna požadovaná norma. V tomto případě počet cyklů otevření a zavření, bez porušení dané funkce výrobku. To znamená, že protipožární uzávěr stále splňuje vlastnosti deklarované certifikátem o požární bezpečnosti. Na zařízeních se tedy testuje cyklicky opakovaná činnost zavírání a otevírání uzávěrů (vrat, dveří, dvířek, oken atd.) a sleduje se, zda nedochází k nadměrnému opotřebení některé z komponent, případně k její destrukci.

Využívají se prakticky dva způsoby testování. Destruktivní a nedestruktivní. Jsou v mnoha ohledech stejné, ale liší se ve způsobu zavírání dveří.

U destruktivního způsobu je například obvyklé osazení dveří samozavíračem (*Obr. 1.11*), který je po otevření vrací zpět do zavřené polohy a testovací stroj jede zpět do původní polohy naprázdno. Nebo bez osazení samozavíračem jede stroj zároveň s dveřmi a navíc je schopen měnit jejich rychlost zavírání a v určitém okamžiku je uvolnit, aby se zavřely samovolně. Může se použít i kombinace zavírání stroj a samozavírač. U tohoto způsobu dochází k opotřebení střelky zámku a namáhání zárubní v oblasti střelky, jelikož není při zavírání zmáčknuta klika (resp. zamáčknuta střelka zámku). Zároveň se zvyšují vibrace v celém rámu. Tyto vibrace negativně ovlivňují materiál dveří, zejména svary, ohyby plechů a některé komponenty dveří jako je zámek, kování, samozavírač nebo panty.

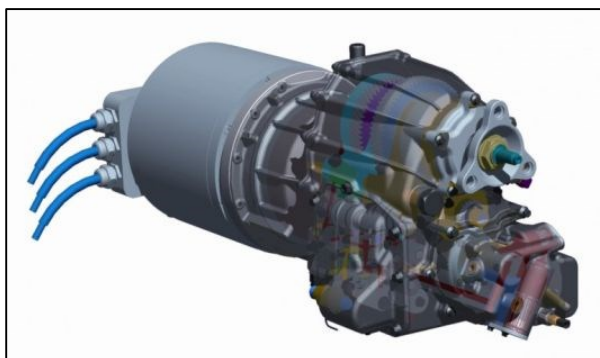


Obr. 1.11 - Samozavírač [7]

U nedestruktivního způsobu pak vratný pohyb vykonává opět samozavírač nebo testovací stroj, ale v poslední fázi zavírání je zmáčknuta klika (resp. zamáčknuta střílka zámku) a po dovření dveří je klika uvolněna. Tento způsob zavírání je šetrnější, ale méně obvyklý.

Vrata velkých rozměrů a hmotností mohou být ještě osazena motorem, který pomáhá při otvírání vrat nebo je otvírá zcela sám.

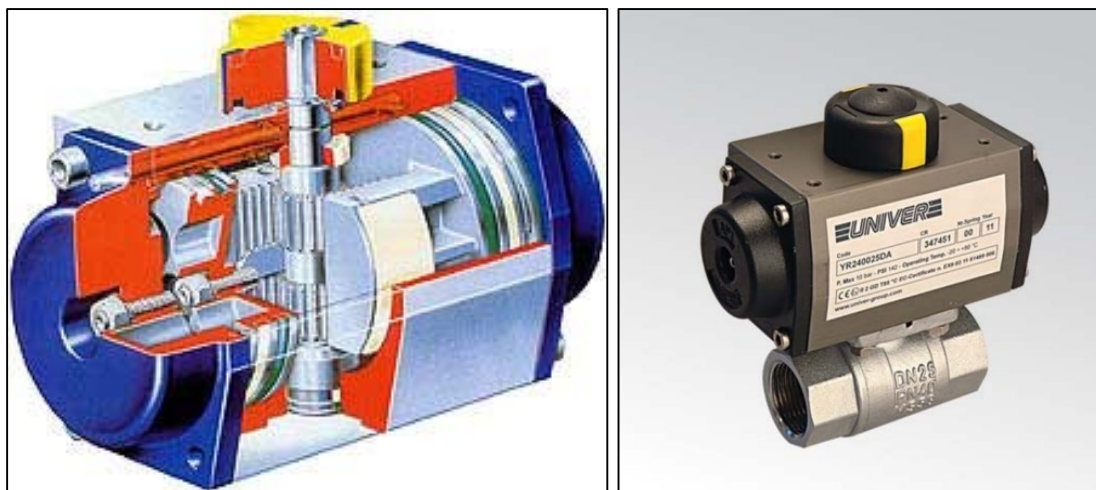
Zařízení pro cyklické testy otevírání mají různé konstrukce a provedení. Využívají se elektrické (Obr. 1.12) i pneumatické pohony (Obr. 1.13), hydraulické se používají ojediněle a transformace pohybu z těchto pohonů na přímočarý nebo rotační pohyb se provádí různými způsoby. Pro elektrické pohony se využívá transformace identická, tzn. z rotačního pohybu na rotační, pomocí ozubených kol, převodovky, řemenu nebo řetězu, popřípadě ocelového lana. Neidentická transformace se pak uskutečňuje pomocí pastorku a ozubeného hřebene, pohybového šroubu, řemenu nebo řetězu. Podobné transformace jsou používány i u pneumatických pohonů. Ty se u zařízení vyskytují nejen jako přímočaré válce, ale také jako kyvné nebo rotační motory (Obr. 1.14).



Obr. 1.12 - Elektrický pohon [8]



Obr. 1.13 - Pneumatický pohon [9]



Obr. 1.14 - Kyvný a rotační pneumatický pohon [9]

Nejen na základě použitých pohonů se dají zařízení rozčlenit. Záleží, co vše ještě dokáží udělat navíc, kromě otevření a zavření. Většinou je zapotřebí ještě zajistit stlačení kliky, která zasune střelku zámku. V některých případech se dá použít i paniková hrazda (Obr. 1.16), která také zasunuje střelku. Dále pak může být ještě přidána možnost otáčení klíčem v cylindrické vložce (Obr. 1.15). Zařízení testují i dvoukřídlové dveře, takže se použijí další pohony pro otvírání pasivního křídla (nemá zámek, takže nepotřebuje pohon na zmáčknutí kliky, ani uzamykání klíčem). Konstrukce zařízení je tedy uskutečněna individuálním potřebám a neexistuje určitý standard pro konstrukci těchto zařízení. Jedná se o jednorázový návrh a kusovou výrobu uvedených zařízení.

Může být použit pneumatický nebo elektrický rotační pohon, který je umístěn u pantů dveří a přes rameno dveře otevírá a zavírá (Obr. 1.17) nebo systém kladek a navijáků, který skrze ocelová lana dveře přetahuje (Obr. 1.19). Využívá se i kombinací obou. Stejně je to i s mechanismem mačkání kliky nebo uzamykáním.



Obr. 1.16 – Paniková hrazda [7]



Obr. 1.15 - Cylindrická vložka [7]



Obr. 1.17 - Testovací zařízení s ramenem [10]



Obr. 1.19 - Testovací zařízení s kladkami [11]



Obr. 1.18 - Testovací zařízení posuvných dveří [10]

2. Seznam požadavků

2.1. Zadáno firmou VIPAX a.s.

Nepřetržitě otevírat a zavírat dvevní křídlo o 90°, dokud nedojde k destrukci některé z komponent dveří nebo neproběhne nastavený počet cyklů podle normy. Zařízení musí být schopno zmáčknout kliku nebo panikovou hrazdu a dveře otevřít normálně nebo trhavými pohyby. Následně pak zavřít několika způsoby. Normálně, prudce, trhaně a tyto pohyby, kromě prudkého zavření ještě kombinovat s nebo bez zmáčknutí kliky. Kontrola bude probíhat vizuálně na místě nebo kamerou, pouze kritické části dveří, jejichž poškozením by došlo i k poškození stroje, budou opatřeny senzory. Konstrukce musí být přemístitelná pomocí mostového jeřábu s nosností 3000kg. Vhodně umístit ovládací panel a nouzové-stop tlačítko. Zařízení bude stát v klimatizované/vytápěné hale s teplotou okolo 20°C. Hala je opatřena rozvodem elektrické energie 230V, 400V a rozvodem stlačeného vzduchu 0,8MPa.

Testované výrobky budou jednokřídlové dveře FRD III a FRD IV do rozměru 1300x2300mm. Odhadovaná hmotnost dveří je do 220kg. Pokud bude možnost při zavřené poloze uzamknout a odemknout zámek, opatřete zařízení tímto systémem.

Při konstrukci počítejte s možností rozšíření na dvoukřídlové dveře a větší rozměry 3000x3000mm a větší hmotnosti okolo 400kg (200kg jedno dvevní křídlo). V tomto případě by se otvírala obě křídla a bylo by nutné zajistit opatření proti kolizi při zavírání.

Nejdůležitější požadavek je cena, kdy je nutné nepřesáhnout rozpočet 60 000,- Kč. Tato cena zahrnuje pohony, řízení pohonů, rozvody energií, elektroniku, materiál rámu. Cena nezahrnuje spojovací materiál, návrh, programování a ostatní práce. Co nejvíce dílů navrhujte pro výrobu ve firmě nebo přidružených firmách (konzultujte). Stanovte odběr a spotřebu zařízení a zohledněte je při návrhu. Testovací doba by neměla přesáhnout 30 dní.

Pro řízení použijte PLC siemens 6ED. Nezahrnujte do celkového rozpočtu. Zařízení je již zakoupeno.

Dveře jsou osazovány těmito komponenty:

- zámek FAB90, FAB72, Abloy 560, NEMEF 1769
- dvevní kování (klika-klika, klika-koule)
- paniková hrazda
- dvevní zavírač Dorma, Fab
- elektromagnety
- elektrický otvírač Befo, Tanare
- koordinátor (pouze u dvoukřídlicích)
- padací lišta

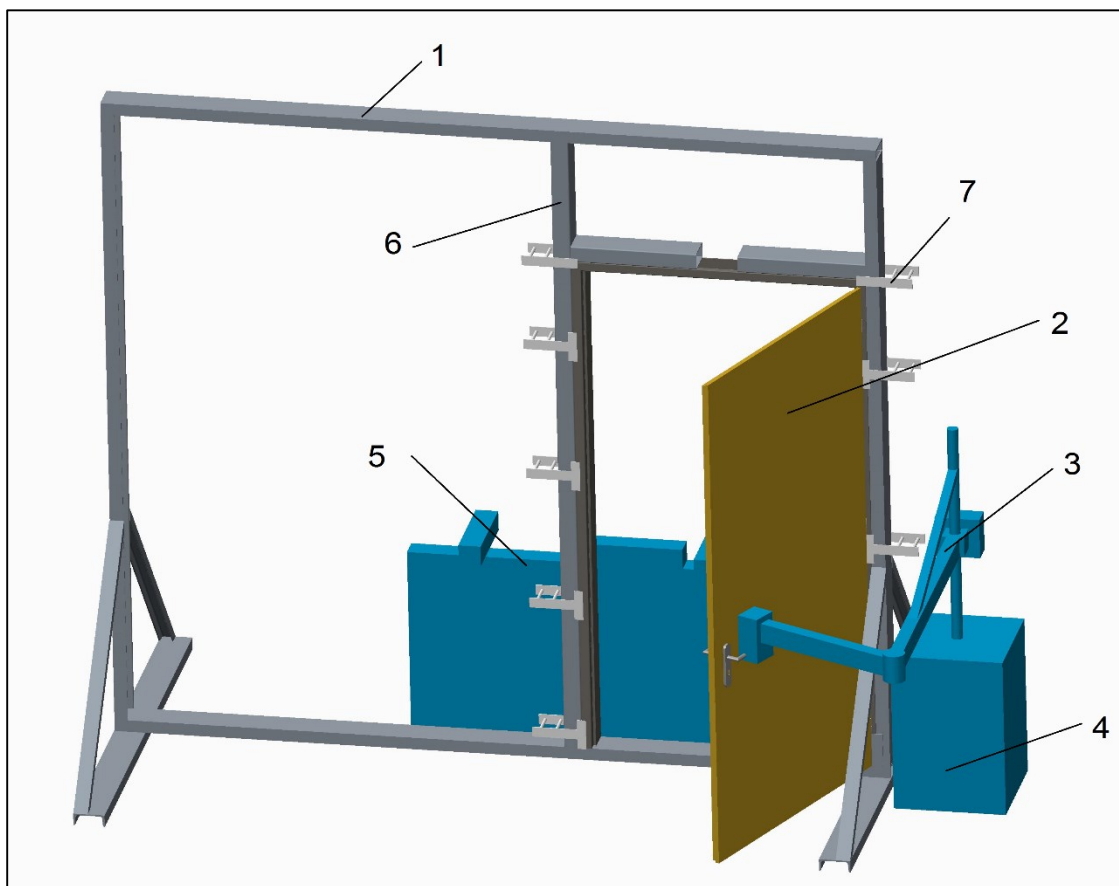
2.2. Požadavkový list

- Otevírat a zavírat dvevní křídlo o 90° (**v průběhu řešení:** změněno na 110°)
- Maximální rozměry křídla jsou 1250x2500, hmotnost do 220kg
- Počet cyklů 200 000 (nebo ztráta funkce dveří jako požárního uzávěru)
- Zamykání a odemykání klíčem
- Rozpočet 60 000,- Kč (bez práce a řídicí jednotky siemens – nutno použít)
- Stanovit spotřebu zařízení a navrhnout nejvýhodnější
- Provést analýzu výrobků (i s doplňkovými komponenty) a zjistit možné problémy
- Konstrukci navrhnout s možným rozšířením pro dvoukřídlové dveře
- Testovací doba max. 30 dní
- **V průběhu řešení:** požadavek na měření minimální otevírací síly

3. Navržené varianty řešení

Všechny navržené varianty jsou si velice podobné. Liší se pouze v systému otevírání dveří. Proto platí částečně popis u varianty 1E (Elektromotor) a 1P (Pneumotor) také pro všechny ostatní varianty a dále budou popisovány pouze ty části zařízení, které nejsou společné.

3.1. Varianta 1E a 1P – s volným kloubem



Obr. 3.1 - Konstrukce varianty 1E a 1P

1. Hlavní rám – Svařovaná konstrukce z obdélníkových trubek
2. Testovaný výrobek – dveře
3. Otočné rameno – s volným kloubem (popsáno níže)
4. Skříň – obsahuje pohon, řídicí jednotku
5. Rám periferií – obsahuje pneumatické válce pro zmáčknutí kliky a otočení klíče v cylindrické vložce
6. Střední posuvná příčka – slouží k uchycení různě širokých dveří
7. Upínací svorky – dveře jsou jimi přichyceny k hlavnímu rámu a posuvné příčce

Společný popis variant:

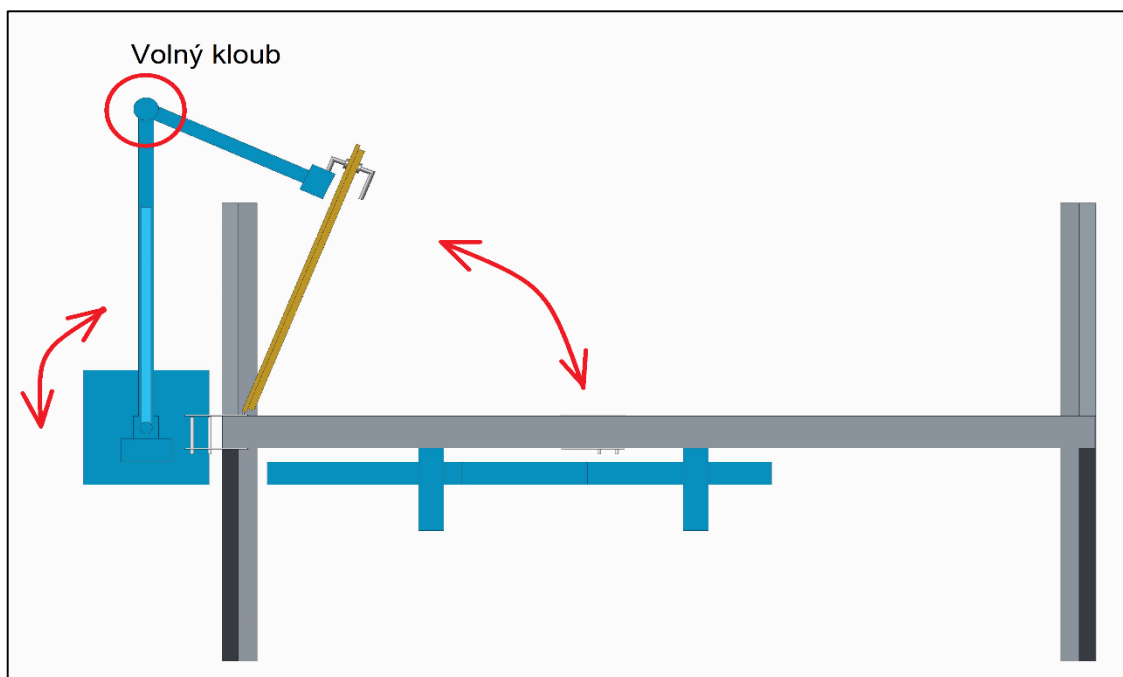
Hlavní částí testovacího zařízení bude rám (*Obr. 3.1 - 1*), do kterého budou upevněny dveře (*Obr. 3.1 - 2*). Rám musí být stabilní a pevný, aby se během otevírání nepřevrátil nebo neprohýbal. Bude proto zhotoven z ocelových obdélníkových trubek různých rozměrů. V rámu bude také zakomponována posuvná příčka, která bude sloužit k uchycení různých rozměrů dveří (*Obr. 3.1 - 6*). Samotné dveře, respektive dveřní zárubně, budou k rámu a této příčce upevněny pomocí svorek (*Obr. 3.1 - 7*). Na zadní části zařízení bude rám s periferními zařízeními (*Obr. 3.1 - 5*). Konkrétně s pneumatickými písty, které budou zajišťovat zmáčknutí kliky nebo panikové hrazdy. Dále pak ještě jeden pneumatický píst, který bude připevněn k pohyblivému ozubenému hřebenu a přes pastorek bude vykonávat uzamykání dveří. Celý cyklus bude vypadat tak, že po zmáčknutí kliky pneumatickým pístem budou dveře otevřeny hlavním pohonem o 90° a poté zase zavřeny. Následně dojde k uzamčení a odemknutí dveří a cyklus se opakuje.

Ekonomické propočty variant jsou uvedeny v kapitole 3.5. Jelikož jsou všechny komponenty jednotlivých variant stejné, kromě hlavního pohonu a ramene, bylo by zbytečné počítat vždy celkové náklady. Cenový rozdíl je proto vztažen pouze k rozhodnutí o tom, který hlavní pohon bude levnější na nákup a provoz.

Popis varianty 1E a 1P:

1E a 1P jsou konstrukčně stejné varianty a liší se pouze v typu použitého pohonu pro hlavní pohyb dveří. 1E = elektromotor a 1P = kyvný pneumotor. Budou popisovány jako jedna varianta.

U této varianty je pro otevírání dveří navrženo rameno s volným kloubem (*Obr. 3.2*). Jak je patrné, pro otevření dveří o 90° je potřeba otočit ramenem o větší úhel, než je úhel otevření. Výhodou této varianty je bezproblémový chod ramene. Nevýhodou je použití silnějších motorů a také to, že se pneumatické kyvné motory (pohony) dělají ve dvou provedeních. S možností otáčení maximálně o 90° nebo o 180° . Druhé uvedené kyvné pohony jsou větší a také nákladnější.



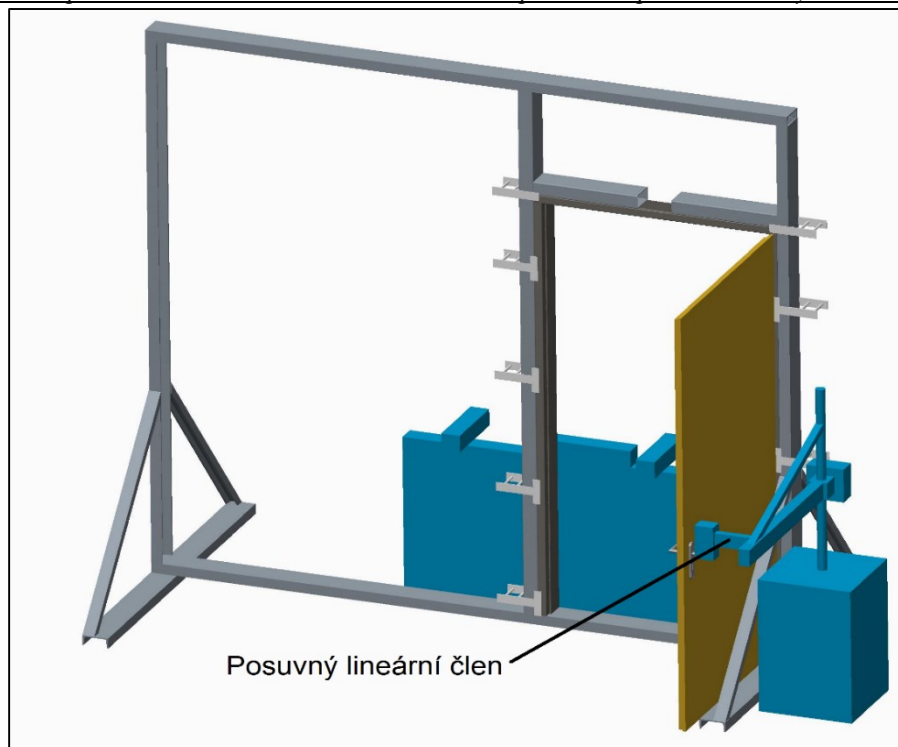
Obr. 3.2 - Rameno varianty 1P a 1E

Pořizovací cena elektromotoru (včetně převodovky a řízení):	14 800,- Kč
Náklady na měsíční provoz elektromotoru:	4253,- Kč
Pořizovací cena kyvného pneumotoru:	25 000,- Kč
Náklady na měsíční provoz kyvného pneumotoru:	1856,- Kč

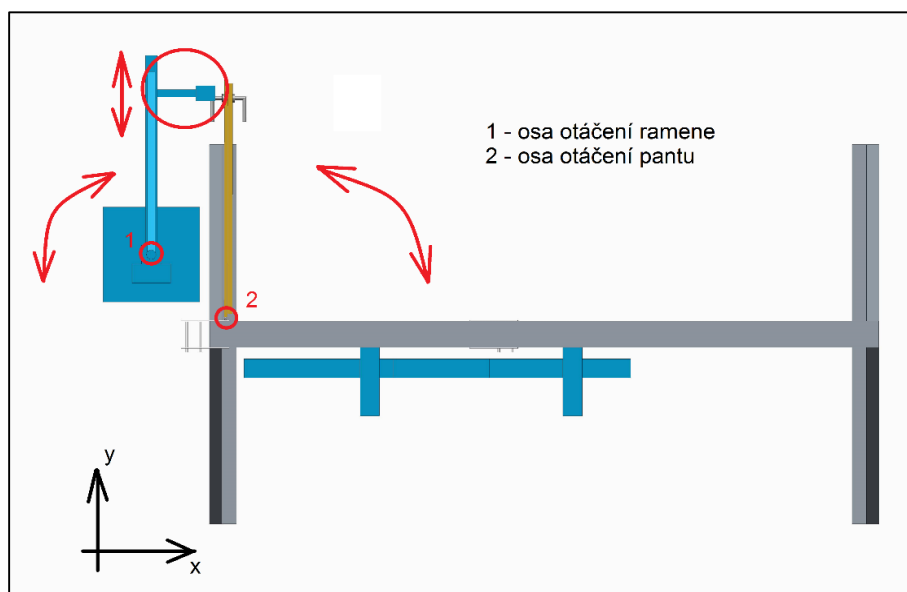
3.2. Varianta 2E a 2P – s lineárním členem

2E a 2P jsou konstrukčně stejné varianty a liší se pouze v typu použitého pohonu pro hlavní pohyb dveří. 2E = elektromotor a 2P = kyvný pneumotor. Budou opět popisovány jako jedna varianta.

Na rozdíl od předchozí varianty je zde rameno s volným kloubem nahrazeno pevným ramenem, které je vybaveno lineárním vedením (Obr. 3.4). V tomto vedení se během otevírání volně pohybuje kluzný člen a kompenzuje tak rozdílnou vzdálenost úchopu ramene od pantů během otevírání. Výhodou této varianty jsou menší pohony a lepší průběh otevírací síly. Nevýhodou pak přesná montáž ramene. Osa otáčení ramene musí být od pantů vzdálena stejně ve směru „x“ i „y“ (Obr. 3.3)



Obr. 3.3 - Konstrukce varianty 2E a 2P



Obr. 3.4 - Rameno varianty 1P a 1E (vyznačeno lineární vedení)

Pořizovací cena elektromotoru (včetně převodovky a řízení): **12 580,- Kč**

Náklady na měsíční provoz elektromotoru: **3615,- Kč**

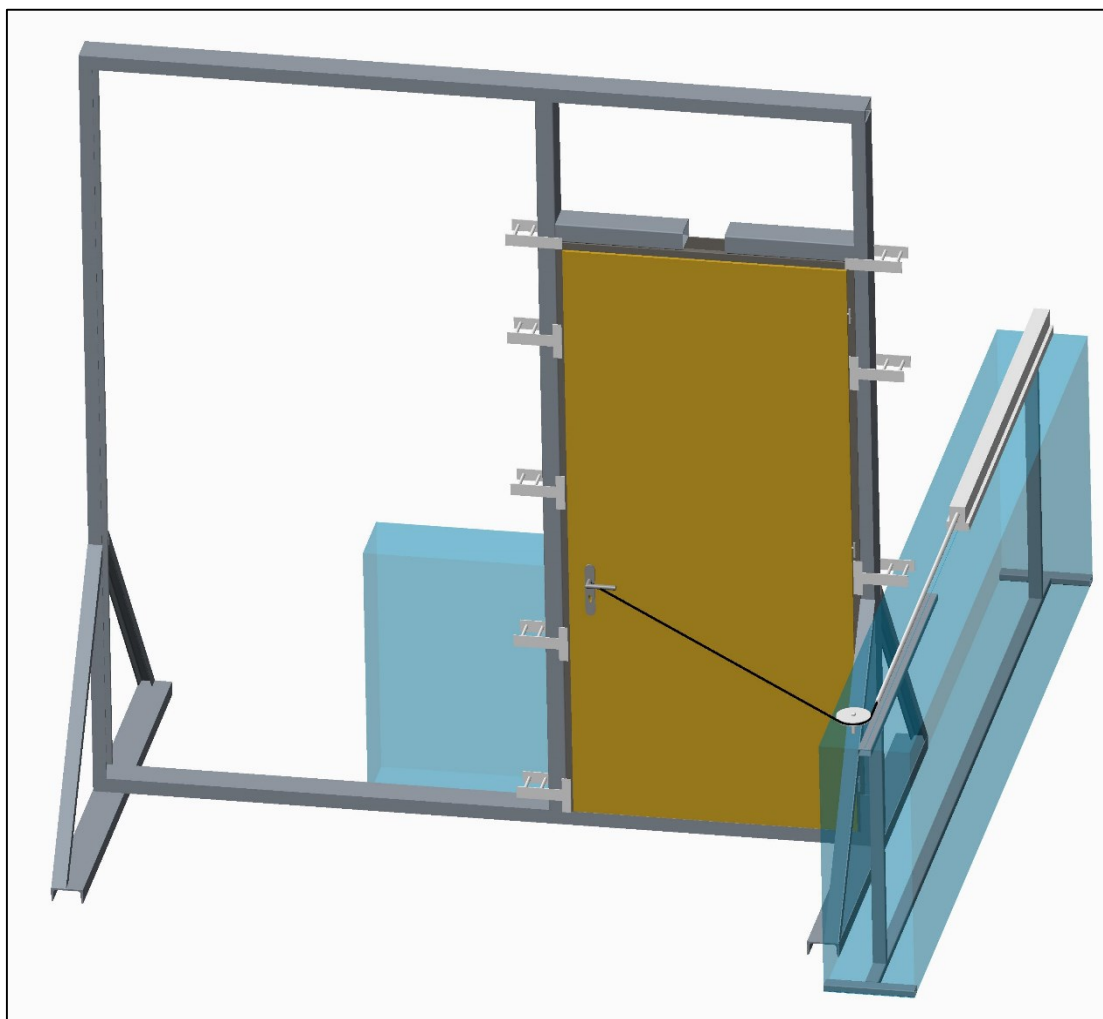
Pořizovací cena kyvného pneumotoru: **21 250,- Kč**

Náklady na měsíční provoz kyvného pneumotoru: **1577,- Kč**

Ceny jsou odvozeny z předchozí varianty. Jelikož je u této varianty zapotřebí menší síly pro otevírání dveří, jsou ceny násobeny koeficientem 0,85.

3.3. Varianta 3 – s pneumatickým válcem

U této varianty není pro otevření dveří použito rameno, ale systém kladek. Lano připevněné ke dveřím je přes kladku upevněno k pneumatickému pístu, který dveře otevírá (Obr. 3.5). Pro zavírání by musel být použit další píst, který by byl opět přes kladku a lano připevněn ke dveřím. Výhodou této varianty je jednoduchá montáž a použití pneumatických prvků. Nevýhodou jsou pak použití dvou pohonů a jejich zdvih, který by při maximálním rozměru testovaného křídla činil 1800mm.



Obr. 3.5 - Konstrukce varianty 3

Pořizovací cena pneumatických válců včetně řízení:

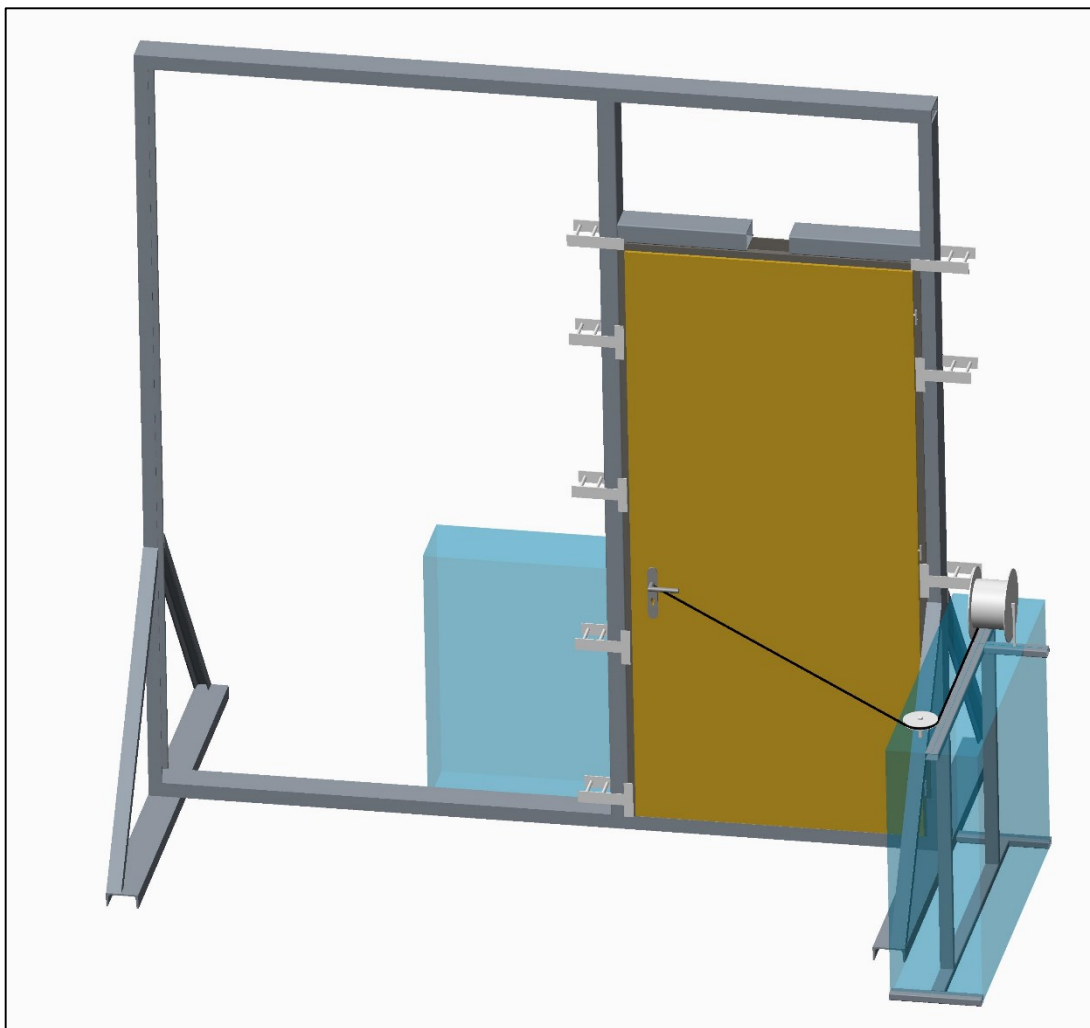
10 000,- Kč

Náklady na měsíční provoz pneumatických válců:

2217,- Kč

3.4. Varianta 4 – s elektromotorem a bubnem

Řešení této varianty je velice podobné předchozí. Dveře jsou opět rozpožhybovány přes kladku pomocí lana, ale na místo pneumatického válce je zde použit elektromotor a navíjecí buben (*Obr. 3.6*). Tento buben je rozdělen na dva segmenty. Z jednoho segmentu se bude lano odvíjet a na druhý se bude navíjet. Z každého segmentu bude připojeno lano přes kladky ke dveřím. To znamená, že pro otevírání i zavírání bude použit jeden pohon, to je výhodou této varianty.



Obr. 3.6 - Konstrukce varianty 4

Pořizovací cena elektromotoru (včetně převodovky a řízení): **12 580,- Kč**

Náklady na měsíční provoz elektromotoru: **3615,- Kč**

Pohon bude stejný jako u varianty 2E. Výpočet spotřeby je tedy téměř stejný, proto je uvedena stejná pořizovací cena i cena provozu.

3.5. Výpočty spotřeby

Odhadovaný moment, který bude muset pohon vyvinout, je asi 100N·m. To odpovídá síle 1250N pro variantu s pneumatickým pístem. Proto je při návrhu variant počítáno přibližně s těmito odhadovanými hodnotami.

3.5.1. Elektromotor (varianta 1E)

Zadáno:

• Výkon	$P_e = 1,5\text{kW}$
• Účinnost	$\mu_e = 80\%$
• Využití za 1 cyklus	$uz_e = 75\%$
• Pořizovací cena motoru (včetně měniče)	$C_{me} = 7200,- \text{ Kč}$
• Pořizovací cena převodovky	$C_{ne} = 3600,- \text{ Kč}$
• Pořizovací cena spojky	$C_{se} = 4000,- \text{ Kč}$
• Doba provozu	$T_{pe} = 30\text{dní} = 720\text{h}$
• Sazba za kilowat hodinu	$\text{sazba} = 4,2,- \text{ Kč}$

Vypočteno:

- Spotřeba za měsíc (3.5.1)

$$spot_e = \frac{P_e \cdot T_{pe} \cdot uz_e}{\mu_e} = \frac{1,5 \cdot 720 \cdot 0,75}{0,8} = \mathbf{1012\text{kW} \cdot \text{h}} \quad (3.5.1)$$

- Cena provozu za 30 dní (3.5.2)

$$provoz_e = spot_e \cdot sazba_e = 1012 \cdot 4,2 = \mathbf{4253\text{Kč}} \quad (3.5.2)$$

- Pořizovací cena (3.5.3)

$$\begin{aligned} C_{ce} &= C_{me} + C_{ne} + C_{se} = 7200 + 3600 + 4000 \\ &= \mathbf{14\,800\text{Kč}} \end{aligned} \quad (3.5.3)$$

3.5.2. Kyvný pneumotor (varianta 1P)

Pro určení spotřeby pneumotoru bylo nutné nejprve zjistit, jaký kompresor je použit ve firmě Vipax a.s. (Obr. 3.7)

Zadáno - kompresor [15]:

- El. příkon $P_{\text{kon}} = 5,5\text{kW}$
- Tlak $p_{\text{kom}} = 0,6\text{Mpa}$
- Průtok $q_{\text{kom}} = 0,8\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

Obr. 3.7 - Kompresor Atmos Albert E50 ve firmě Vipax a.s. [16]

Zadáno - pneumotor:

- | | | |
|--|---|------------------|
| • Výkon | $P_{\text{pk}} = 1,5\text{kW}$ | (zjištěno z [8]) |
| • Spotřeba na 1 cyklus (180°) | $\text{spo}_{180} = 4,74 \text{ l}$ | (zjištěno z [8]) |
| • Účinnost | $\mu_{\text{pk}} = 60\%$ | (zjištěno z [8]) |
| • Ztráty ve vedení | $z_{\text{tr}} = 30\%$ | |
| • Doba provozu | $T_{\text{ppk}} = 30\text{dní} = 720\text{h}$ | |
| • Sazba za kilowat hodinu | $\text{sazba} = 4,2,- \text{ Kč}$ | |
| • Pořizovací cena | $C_{\text{mpk}} = 24\,000,- \text{ Kč}$ | |

Vypočteno:

- Spotřeba při otočení o 130° (3.5.4)

$$spo_{130} = \frac{spo_{180} \cdot 130}{180} = \frac{4,74 \cdot 110}{180} = \mathbf{3,43l} \quad (3.5.4)$$

- Spotřeba za minutu (cca 12 cyklů motoru) (3.5.5)

$$spo_{pkmin} = spo_{130} \cdot 12 = 3,43 \cdot 12 = \mathbf{0,041m^3 \cdot min^{-1}} \quad (3.5.5)$$

- Využití kompresoru (3.5.6)

$$ef_{kpk} = \frac{spo_{pkmin} \cdot (1 + ztr)}{q_{kom} \cdot \mu_{pk}} = \frac{0,041 \cdot (1 + 0,3)}{0,8 \cdot 0,6} \quad (3.5.6)$$

$$= \mathbf{11,15\%}$$

- Spotřeba za měsíc (3.5.7)

$$spot_{pk} = P_k \cdot T_{ppk} \cdot ef_{kpk} = 5,5 \cdot 720 \cdot 0,1115 \quad (3.5.7)$$

$$= \mathbf{442kW \cdot h}$$

- Cena provozu za 30 dní (3.5.8)

$$provoz_{pk} = spot_{pe} \cdot sazba = 442 \cdot 4,2 = \mathbf{1856Kč} \quad (3.5.8)$$

3.5.3. Lineární válec

Zadáno: (viz příloha K)

- Kompresor – stejný jako předchozí (viz 3.5.2 [16])
- Zdvih pístu $z_{pp} = 1800\text{mm}$
- Průměr pístu $D_{pp} = 50\text{mm}$
- Průměr pístnice $d_{pp} = 20\text{mm}$
- Rychlost výsuvu $v_{pp} = 360\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$
- Pořizovací cena (1kus) $C_{mpp} = 5000,- \text{ Kč}$
- Počet kusů $p_{ks} = 2$
- Doba provozu $T_{ppp} = 30\text{dní} = 720\text{h}$
- Sazba za kilowat hodinu $sazba = 4,2,- \text{ Kč}$

Výpočet:

- Spotřeba na jeden zdvih (3.5.9)

$$\begin{aligned}
 spo_{ppzd} &= \left(\frac{D_{pp}^2 \cdot \pi}{4} - \frac{d_{pp}^2 \cdot \pi}{4} \right) \cdot z_{pp} = \\
 &= \left(\frac{0,05^2 \cdot \pi}{4} - \frac{0,02^2 \cdot \pi}{4} \right) \cdot 1,8 = \mathbf{4,1l}
 \end{aligned}
 \tag{3.5.9}$$

- Spotřeba za minutu (cca 6 cyklů jednoho válce) (3.5.10)

$$\begin{aligned}
 spo_{ppmin} &= spo_{ppzd} \cdot pks \cdot 6 = \\
 &= 3,1 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{0,049m^3 \cdot min^{-1}}
 \end{aligned}
 \tag{3.5.10}$$

- Využití kompresoru (3.5.11)

$$\begin{aligned}
 ef_{kpp} &= \frac{spo_{ppmin} \cdot (1 + ztr)}{q_{kom} \cdot \mu_{pk}} = \frac{0,049 \cdot (1 + 0,3)}{0,8 \cdot 0,6} \\
 &= \mathbf{13,32\%}
 \end{aligned}
 \tag{3.5.11}$$

- Spotřeba za měsíc (3.5.12)

$$\begin{aligned}
 spot_{pp} &= P_k \cdot T_{ppp} \cdot ef_{kpp} = 5,5 \cdot 720 \cdot 0,1332 \\
 &= \mathbf{528kW \cdot h}
 \end{aligned}
 \tag{3.5.12}$$

- Cena provozu za 30 dní (3.5.13)

$$provoz_{pp} = spot_{pe} \cdot sazba = 528 \cdot 4,2 = \mathbf{2217Kč}
 \tag{3.5.13}$$

4. Výběr optimální varianty

Pro výběr optimální varianty byla zvolena funkčně hodnotová analýza [6], která je založena na metodě porovnávání funkcí a hodnot v trojúhelníku párů.

4.1. Hodnocení variant

Tabulka hodnocení variant byla vyplněna vedením firmy Vipax a.s. na základě podkladů (kapitola 3) a zodpovězených dotazů k jednotlivým variantám a výpočtům. Dílčí body byly zapsány do *Tab. 4.1* podle *Tab. 4.3* a *Tab. 4.2*.

Varianta	Hled.1	Hled.2	Hled.3	Hled.4	Hled.5	Hled.6
1E	2	1	3	3	2	2
1P	1	3	3	2	3	3
2E	2	1	1	3	2	1
2P	1	3	1	2	3	2
3	3	4	3	2	1	3
4	2	3	4	4	4	2

Tab. 4.1 - Hodnocení variant

1.	Pořizovací cena
2.	Cena provozu
3.	Obtížnost montáže
4.	Náklady na údržbu
5.	Složitost řízení
6.	Spolehlivost

Tab. 4.3 - Hlediska posuzování

Body	Hodnocení
0	Nepříznivé
1	Spíše nepříznivé
2	Průměrné hodnocení
3	Spíše příznivé
4	Nejlepší

Tab. 4.2 - Bodové hodnocení

4.2. Váha významnosti

4.2.1. Porovnávání hlediska

Pro zjištění váhy významnosti byla použita metoda porovnávání trojúhelníku párů. To znamená, že jednotlivá hlediska se porovnávala mezi sebou a zjišťovalo se, které ze dvou porovnávaných hledisek má větší váhu při návrhu zařízení. Tuto tabulku, respektive pole „Porovnávání hlediska“ (*Tab. 4.4*) také s asistencí vyplnilo vedení firmy Vipax a.s.. Zvýrazněná hodnota na dvojřádku vyjadřuje zvolené hledisko.

Porovnávaná hlediska					Počet voleb	Pořadí	Váha význam.
H1	H1	H1	H1	H1	5	1	2.00
H2	H3	H4	H5	H6			
	H2	H2	H2	H2	3	2	1.56
	H3	H4	H5	H6			
		H3	H3	H3	1	5	1.11
		H4	H5	H6			
			H4	H4	2	4	1.33
			H5	H6			
				H5	0.5	6	1.00
				H6	2.5	3	1.44

Tab. 4.4 - Zjištění váhy významnosti jednotlivých hledisek

Na základě označení jednotlivých hledisek (Tab. 4.4) byl vypsán sloupec počet voleb (počet bodů). Samostatné zvolení na dvouřádku je klasifikováno jako 1 bod, pokud jsou na dvouřádku označené obě hlediska, tak se ke každému zvolenému přiřazuje 0,5 bodu.

4.2.2. Zjištění váhy významnosti

Provede se tak, že hodnotě maximálního počtu voleb se přiřadí hodnota 2. Minimálnímu počtu voleb pak 1 (Tab. 4.5). Z těchto hodnot se následně vyjádří rovnice přímky a to tak, že se pro směrový vektor (x_v, y_v) uvažuje rozdíl hodnot sloupce „x“ a rozdíl hodnot sloupce „y“ (4.2.1) a (4.2.2). Při tvorbě normálového vektoru přímky se vzniklé souřadnice mezi sebou obrátí a u jedné z nich se zamění znaménko (Tab. 4.6). Poté se zjistí konstanta „c“ (4.2.3), určí se konstanta „k“ (4.2.4) a směrnice „q“ (4.2.5). Ze zjištěných parametrů vznikne rovnice přímky „p“ ve směrnicovém tvaru $p: y=kx+q$ (4.2.6), která je vyobrazena v grafu (Graf 4.2.1)

$$x_{vs} = (x_1 - x_2) = (5 - 0,5) = 4,5 \quad (4.2.1)$$

$$y_{vs} = (y_1 - y_2) = (2 - 1) = 1 \quad (4.2.2)$$

$$c = (x_{vn} \cdot x_1 + y_{vn} \cdot y_1) \cdot (-1) = (1 \cdot 5 + (-4,5) \cdot 2) \cdot (-1) \quad (4.2.3)$$

$$k = \frac{x_{vn}}{x_{vs}} = \frac{1}{4,5} = \frac{2}{9} \quad (4.2.4)$$

$$q = \frac{c}{x_{vs}} = \frac{4}{4,5} = \frac{8}{9} \quad (4.2.5)$$

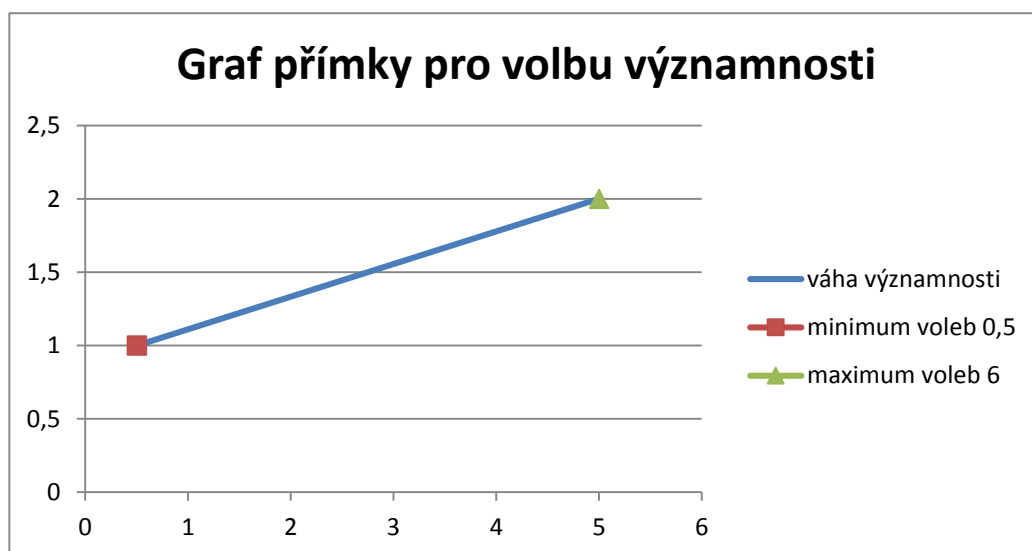
$$p: y = kx + q = \frac{2}{9}x + \frac{8}{9} \quad (4.2.6)$$

Přímka:		$x_{vs,vn}$	$y_{vs,vn}$
	směrový vektor	4.5	1
	normálový vektor	1	-4.5
	konstanta c	4	

$x_{1,2}$	$y_{1,2}$
5	2
0.5	1

Tab. 4.6 - Směrový a normálový vektor

Tab. 4.5 - Hodnoty XY



Graf 4.2.1 - Přímka volby významnosti

Z tabulky (Tab. 4.4) vyplývá, že pořadí hledisek podle důležitosti je:

- Pořizovací cena
- Cena provozu
- Spolehlivost
- Náklady na údržbu
- Obtížnost montáže
- Složitost řízení

4.3. Posouzení jednotlivých variant

Do pole „Hodnota“ je přepsána hodnota z tabulky (Tab. 4.1). Do pole „Váha významnosti“ jsou přepsány hodnoty z tabulky (Tab. 4.4). Index změny je roven poli „Hodnota“ (žádná změna v průběhu navrhování variant neproběhla). „Vážený index hlediska“ je součinem polí „Váha významnosti“ a „Index změny“.

4.3.1. Varianta 1E

Viz (Tab. 4.7)

Hledisko	Varianta 1E			
	Hodnota	Váha významnosti	Index změny	Vážený index hlediska
H1	2	2.00	2	4.00
H2	1	1.56	1	1.56
H3	3	1.11	3	3.33
H4	3	1.33	3	4.00
H5	2	1.00	2	2.00
H6	2	1.44	2	2.89
Celkový součet vážených indexů varianty 1E				17.78

Tab. 4.7 - Hodnocení varianty 1E

4.3.2. Varianta 1P

Viz (Tab. 4.8)

Hledisko	Varianta 1P			
	Hodnota	Váha významnosti	Index změny	Vážený index hlediska
H1	1	2.00	1	2.00
H2	3	1.56	3	4.67
H3	3	1.11	3	3.33
H4	2	1.33	2	2.67
H5	3	1.00	3	3.00
H6	3	1.44	3	4.33
Celkový součet vážených indexů varianty 1P				20.00

Tab. 4.8 - Hodnocení varianty 1P

4.3.3. Varianta 2E

Viz (Tab. 4.9)

Hledisko	Varianta 2E			
	Hodnota	Váha významnosti	Index změny	Vážený index hlediska
H1	2	2.00	2	4.00
H2	1	1.56	1	1.56
H3	1	1.11	1	1.11
H4	3	1.33	3	4.00
H5	2	1.00	2	2.00
H6	1	1.44	1	1.44
Celkový součet vážených indexů varianty 2E				14.11

Tab. 4.9 - Hodnocení varianty 2E

4.3.4. Varianta 2P

Viz (Tab. 4.10)

Hledisko	Varianta 2P			
	Hodnota	Váha významnosti	Index změny	Vážený index hlediska
H1	1	2.00	1	2.00
H2	3	1.56	3	4.67
H3	1	1.11	1	1.11
H4	2	1.33	2	2.67
H5	3	1.00	3	3.00
H6	2	1.44	2	2.89
Celkový součet vážených indexů varianty 2P				16.33

Tab. 4.10 - Hodnocení varianty 2P

4.3.5. Varianta 3

Viz (Tab. 4.11)

Hledisko	Varianta 3			
	Hodnota	Váha významnosti	Index změny	Vážený index hlediska
H1	3	2.00	3	6.00
H2	4	1.56	4	6.22
H3	3	1.11	3	3.33
H4	2	1.33	2	2.67
H5	1	1.00	1	1.00
H6	3	1.44	3	4.33
Celkový součet vážených indexů varianty 3				23.56

Tab. 4.11 - Hodnocení varianty 3

4.3.6. Varianta 4

Viz (Tab. 4.12)

Hledisko	Varianta 4			
	Hodnota	Váha významnosti	Index změny	Vážený index hlediska
H1	2	2.00	2	4.00
H2	3	1.56	3	4.67
H3	4	1.11	4	4.44
H4	4	1.33	4	5.33
H5	4	1.00	4	4.00
H6	2	1.44	2	2.89
Celkový součet vážených indexů varianty 4				25.33

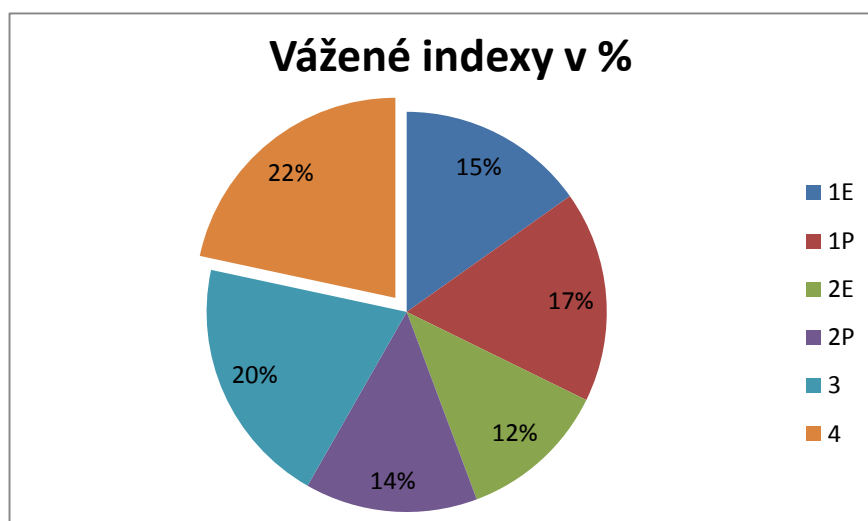
Tab. 4.12 - Hodnocení varianty 4

4.4. Výběr optimální varianty

Při přepsání součtu vážených indexů variant do tabulky (Tab. 4.13) je vidět, že vítězná je varianta číslo 4. Vyjádření v % je zobrazeno v Grafu (Graf 4.4.1)

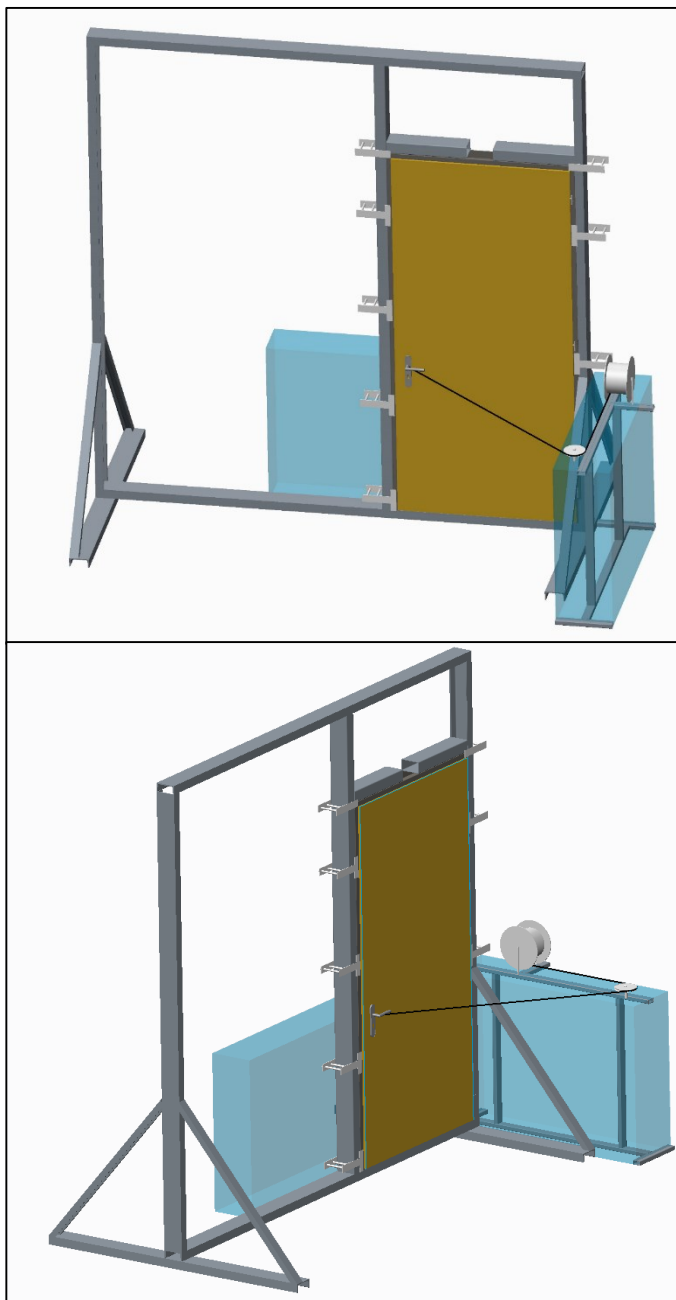
Varianta	Celkový součet vážených indexů	Pořadí
1E	17.78	4
1P	20.00	3
2E	14.11	6
2P	16.33	5
3	23.56	2
4	25.33	1

Tab. 4.13 - Vážené indexy všech variant



Graf 4.4.1 - Vážené indexy v %

4.5. Optimální varianta



Obr. 4.1 - Optimální varianta

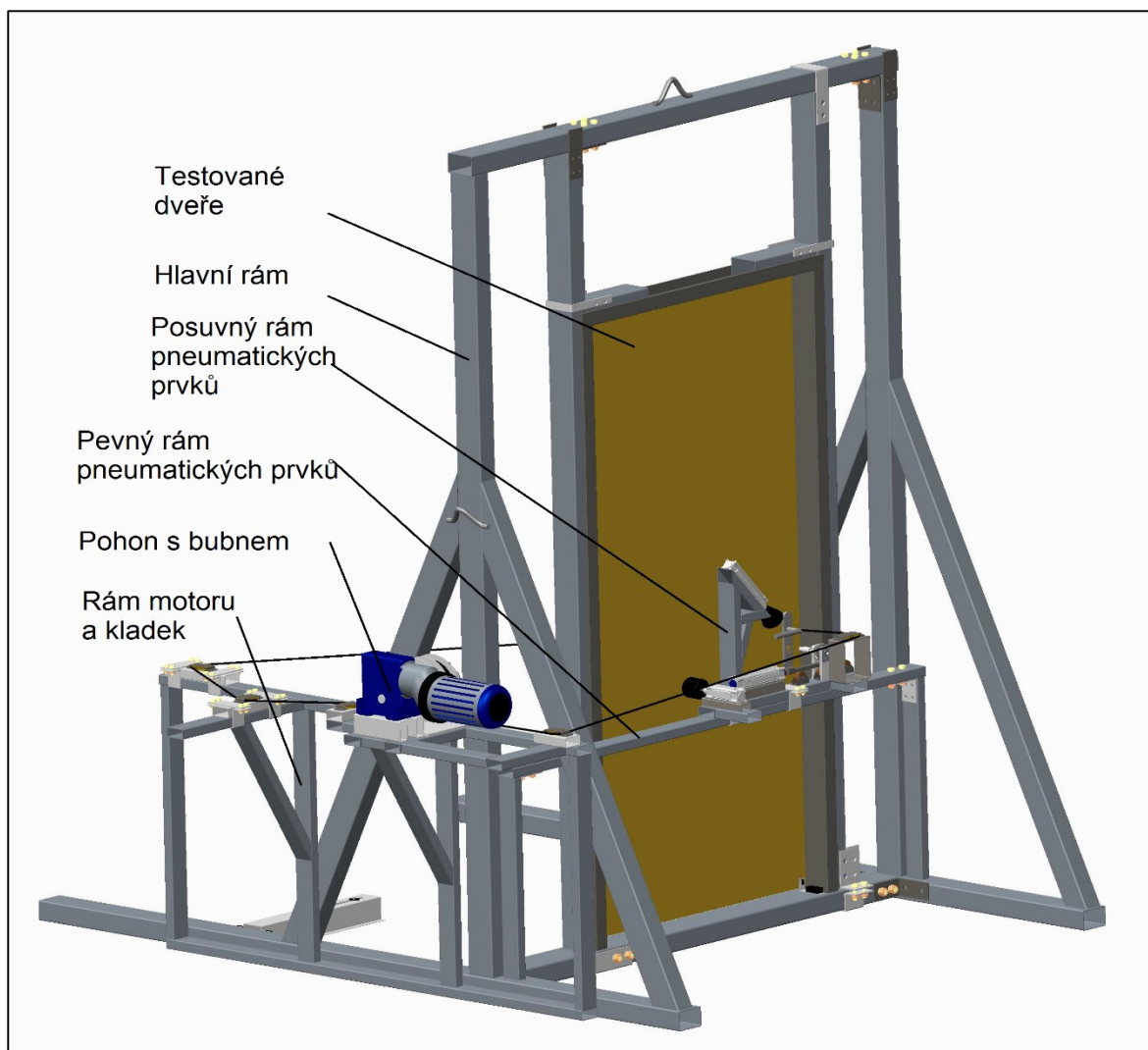
U vybrané varianty (Obr. 4.1) je pro pohyb dveří použit lanový převod a navíjecí buben. Tento buben je poháněn elektromotorem. Buben má dvě části. Na jednu z nich je připevněno přes systém kladek lano, které otevírá dveře a na druhou část pak podobně lano, které dveře zavírá. Pro zmáčknutí kliky nebo panikové hrazdy jsou použity lineární pneumatické válce. Stejně tak i pro mechanismus zamykající klíčem zámek. Ten je navíc ještě vybaven ozubeným hřebenem a pastorkem. Vše je detailně popsáno v následující kapitole (kapitola 5).

5. Konstrukční řešení optimální varianty

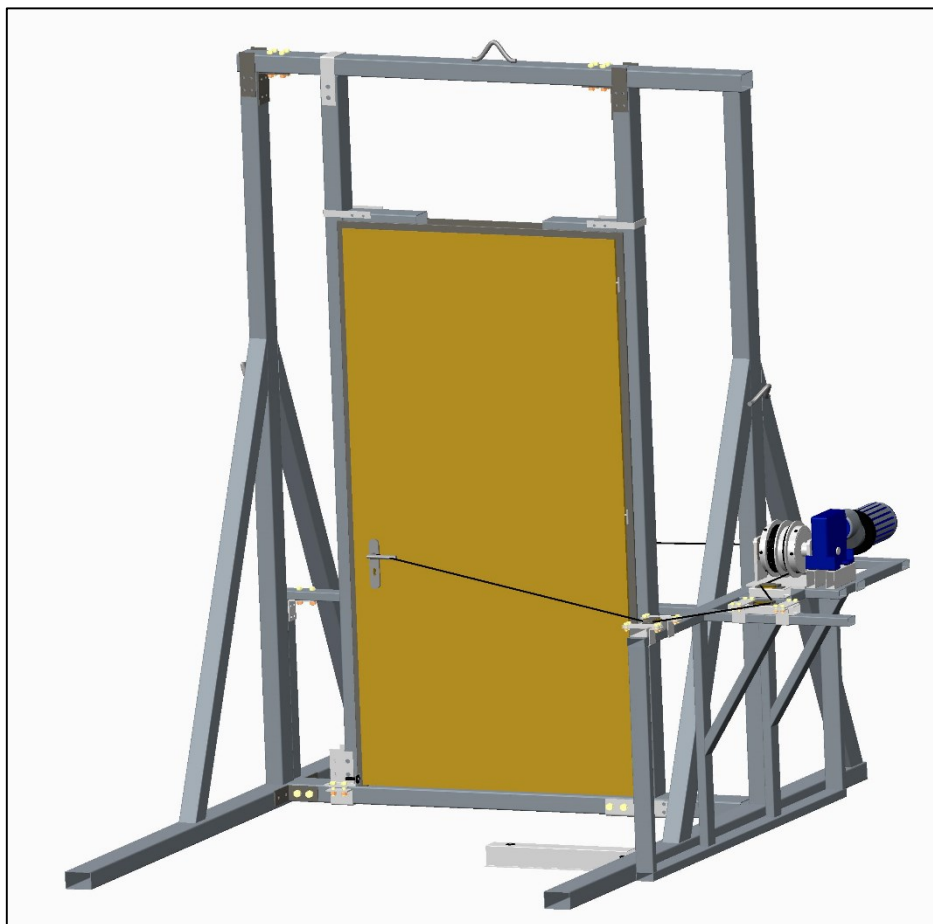
5.1. Popis

V průběhu řešení došlo ke změnám (popsaných v požadavcích), které mírně změnily konstrukci výsledné varianty. Princip je ale stále stejný. Do hlavního rámu jsou upnuty dveře (testovaný objekt). Po dohodě se zadavatelem je jako způsob uchycení voleno navaření k rámu. Mimo jiné je zařízení ještě vybaveno dalšími dvěma pomocnými rámy. A to pevným rámem pro pneumatické prvky, který je nosičem pohyblivého rámu. Dále pak rámem pro motor a kladky. Ty zde slouží pro vykonávání hlavního pohybu, to je otevírání dveří. Popsané komponenty jsou zobrazeny na Obr. 5.1.

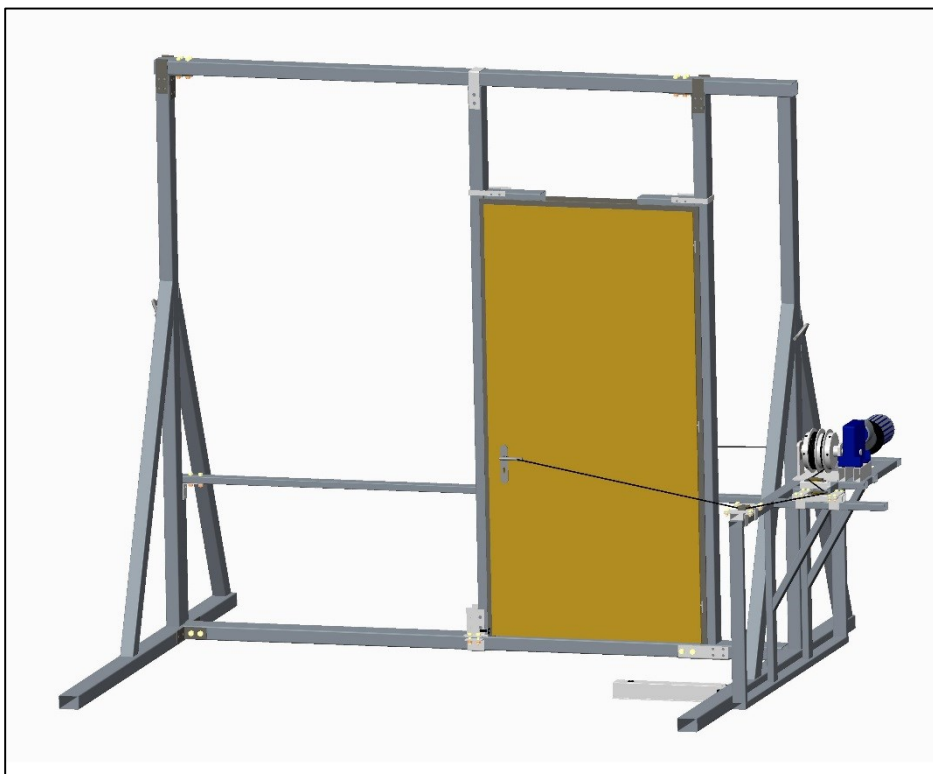
Celková hmotnost je (bez testovaných dveří) asi 500kg. Rozměry jsou (V x Š x H) 3,4m x 3,1m x 3,2m (uvedeno pro modifikaci na jednokřídlové dveře)



Obr. 5.1 - Konstrukční řešení optimální varianty



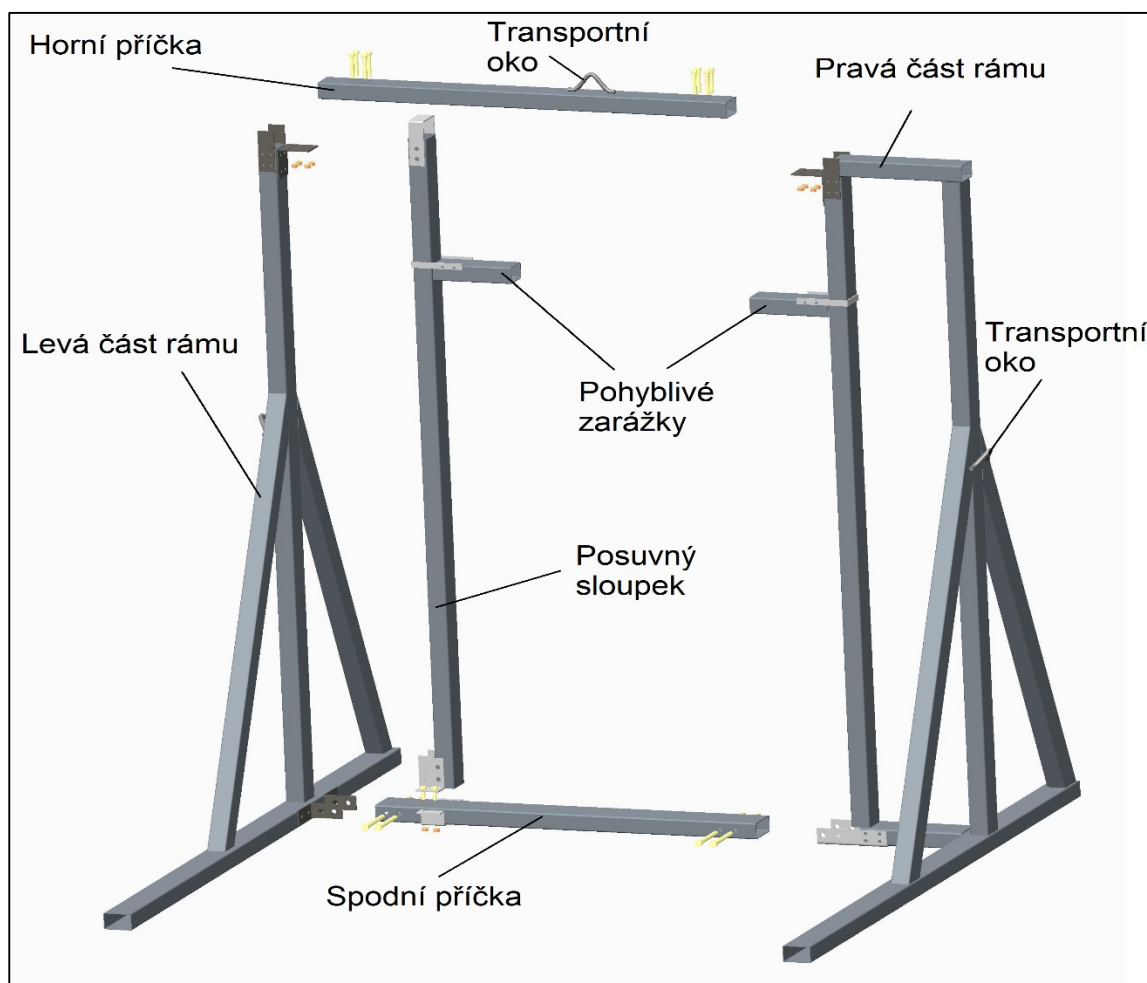
Obr. 5.2 - Modifikace pro testování jednokřídlových dveří



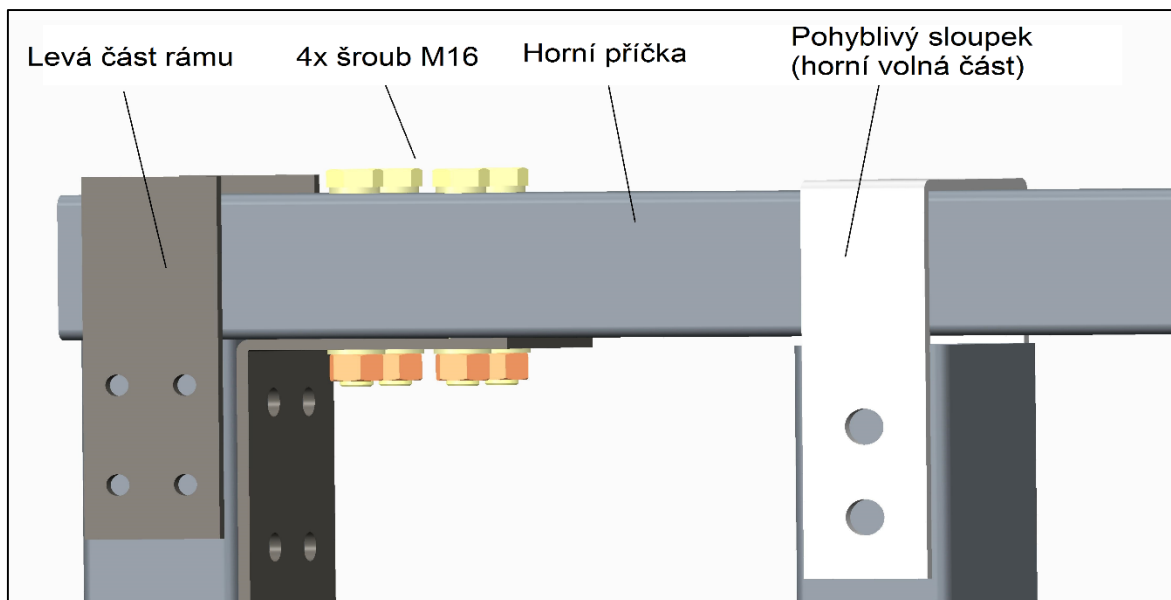
Obr. 5.3 - Modifikace pro testování dvoukřídlových dveří (zobrazeny jednokřídlové dveře)

5.2. Hlavní rám

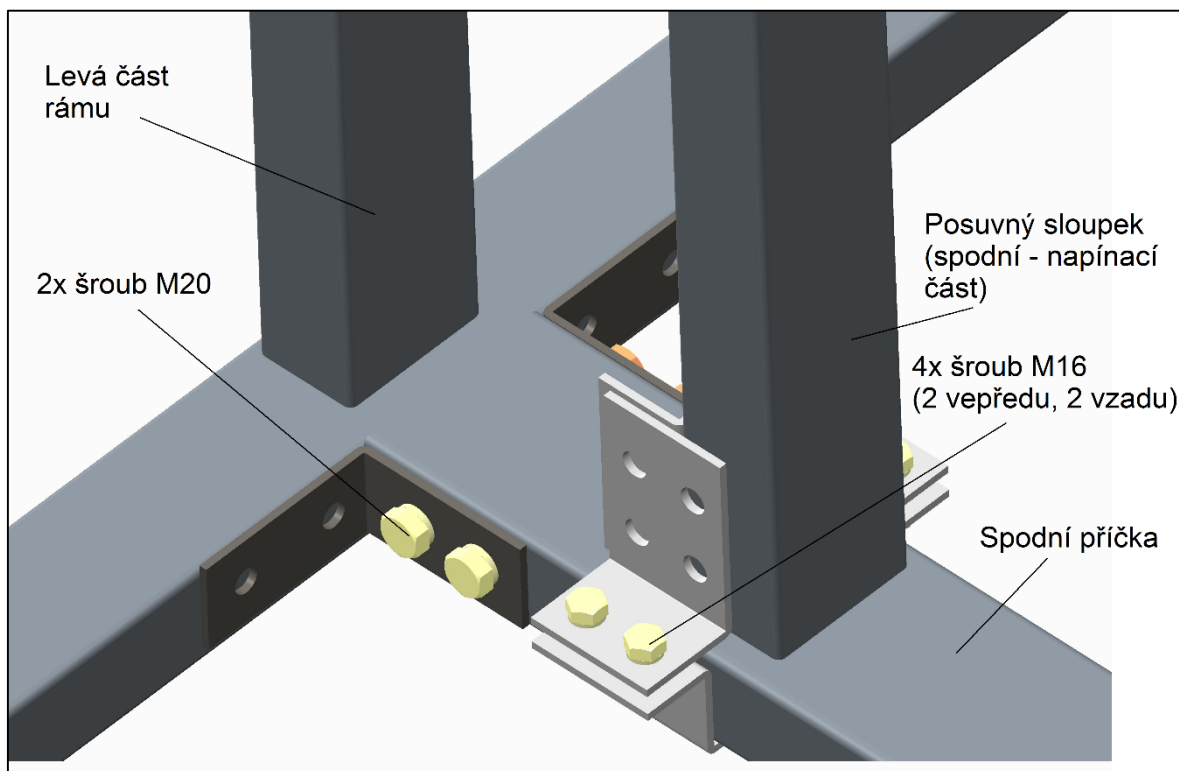
Tento rám je sestaven ze dvou druhů obdélníkových trubek 160x80x3 a 120x80x3. Trubky jsou navzájem k sobě přivařeny, ale také přišroubovány. Je to z toho důvodu, aby se celá konstrukce dala poskládat a případně převést nebo odstavit, aby nezavazela v hale. Dalším důvodem je, že jedním z požadavků bylo testovat do budoucna i dvoukřídlové dveře. Proto se dá horní i spodní příčka rámu vyměnit za delší a rám je konstrukčně připraven pro dvoukřídlové dveře. Tyto příčky drží levou a pravou část rámu pevně spojenou. Pro spojení byly použity ohýbané plechy tloušťky 6mm a šrouby M20 a M16 (Obr. 5.5). Rám je tedy rozdělen na levou a pravou část, spodní a horní příčku a posuvný sloupek (Obr. 5.4). Pravá část a posuvný sloupek jsou ještě vybaveny pohyblivými zarážkami, pro uchycení zárubně z horní strany. Patky levé a pravé části jsou prodlouženy, aby nemohlo dojít k převrácení rámu při otevření dveří. Rám není žádným způsobem kotven k podlaze haly, ve které bude provozován. Pokud dojde během testování k posouvání rámu, budou patky zatíženy betonovými bloky.



Obr. 5.4 - Hlavní rám

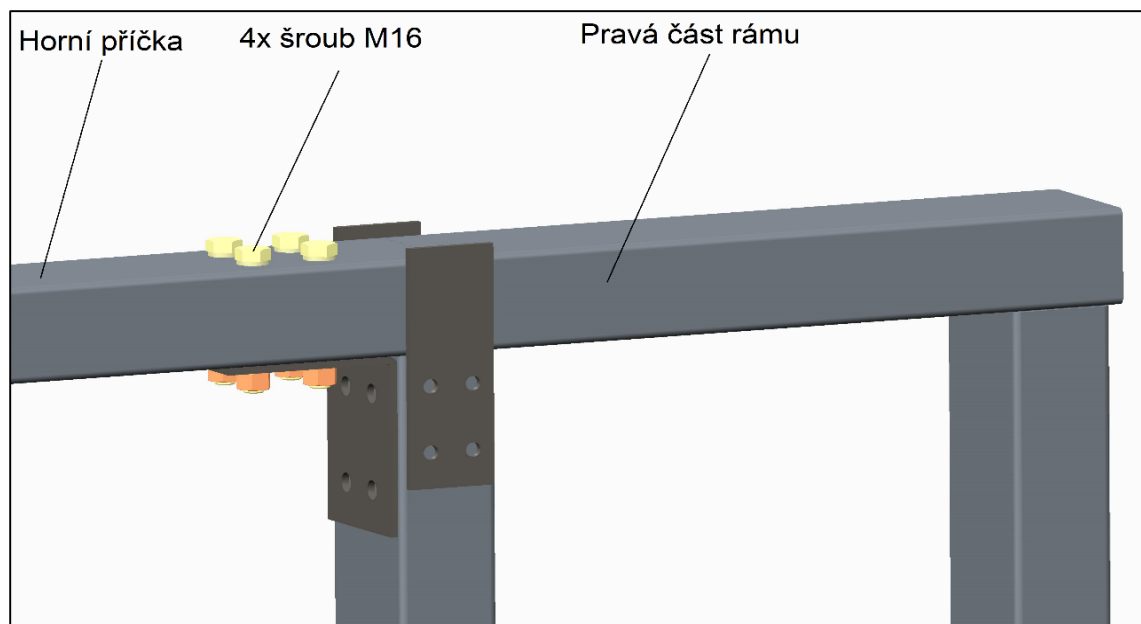


Obr. 5.5 - Spojení levé části rámu a horní příčky + posuvný sloupek (horní část)

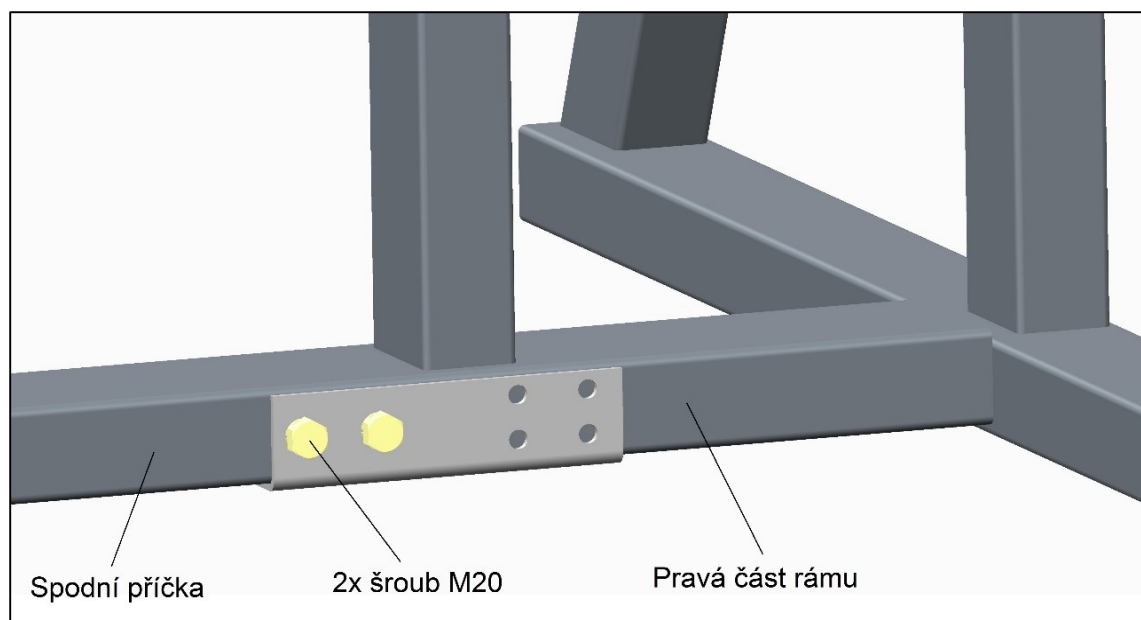


Obr. 5.6 - Spojení levé části rámu a spodní příčky + posuvný sloupek (spodní část)

Posuvný sloupek je upevněn tak, že v horní části je navařena objímka z 6mm tlustého plechu a je navlečena na horní příčku (Obr. 5.5). Ve spodní části jsou navařeny stejně tlusté plechy a následně jsou staženy přes spodní objímku ke spodní příčce čtyřmi šrouby M16 (Obr. 5.6). Vše je pak ještě zpevněno při zakotvení zárubní testovaných dveří, plechy jsou k levé části rámu přivařeny a příčky jsou šroubovány.



Obr. 5.7 - Spojení pravé části rámu a horní příčky



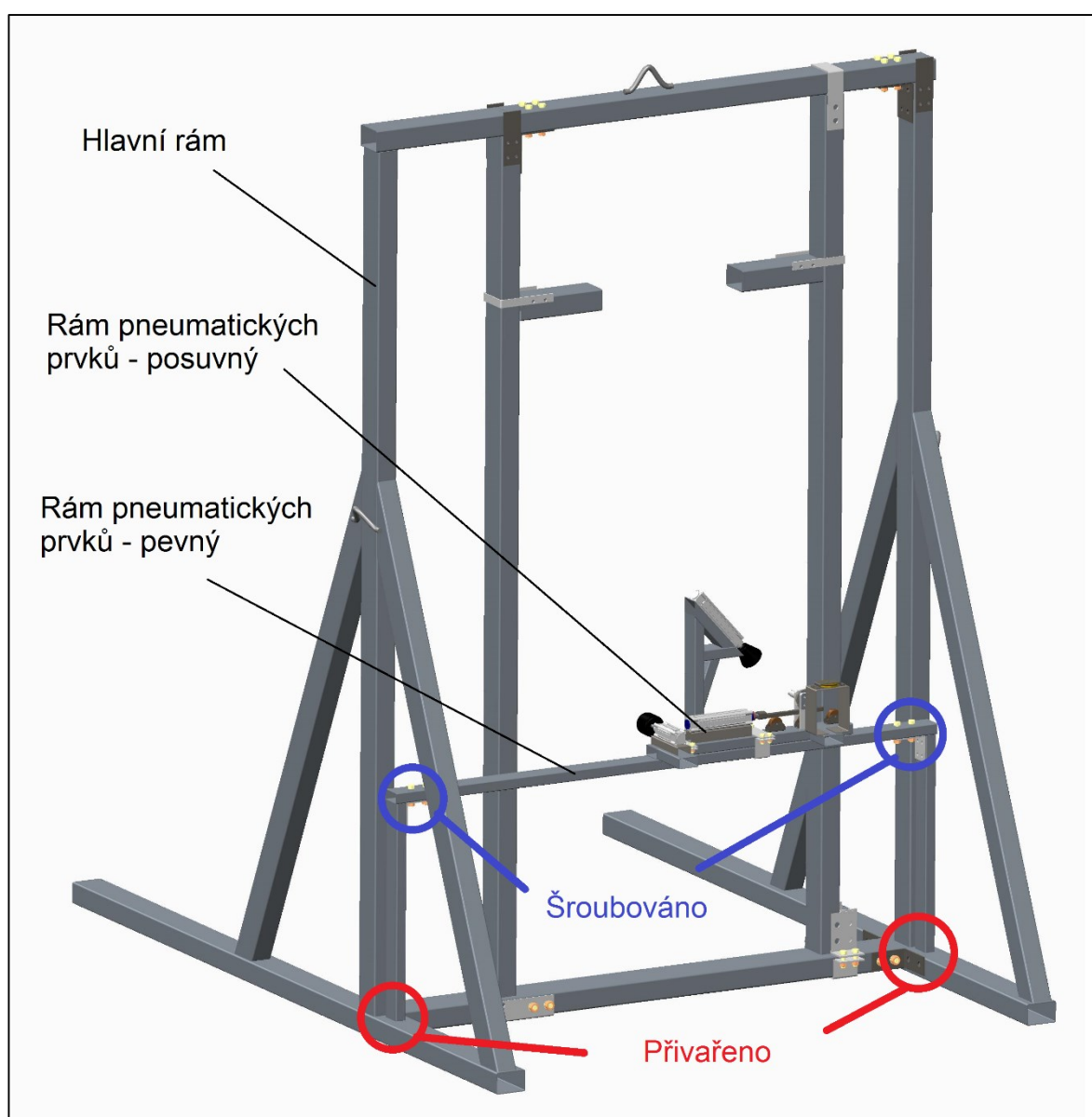
Obr. 5.8 - Spojení pravé části rámu a spodní příčky

Horní příčka je uchycena čtyřmi šrouby M16 na každé straně. Navíc je ještě zasunuta mezi 6mm tlusté plechy (Obr. 5.5 a Obr. 5.7), pro snížení namáhání šroubů při zavření dveří. Spodní příčka je uchycena k levému rámu pomocí dvou L-profilů, mezi které se vloží a stáhne dvěma šrouby M20 (Obr. 5.6). K pravé straně rámu je pak příčka upevněna také pomocí dvou šroubů M20. Na místo L-profilů je zde ale použita „vanička“, do které se příčka zasune (Obr. 5.8).

5.3. Rám pneumatických prvků

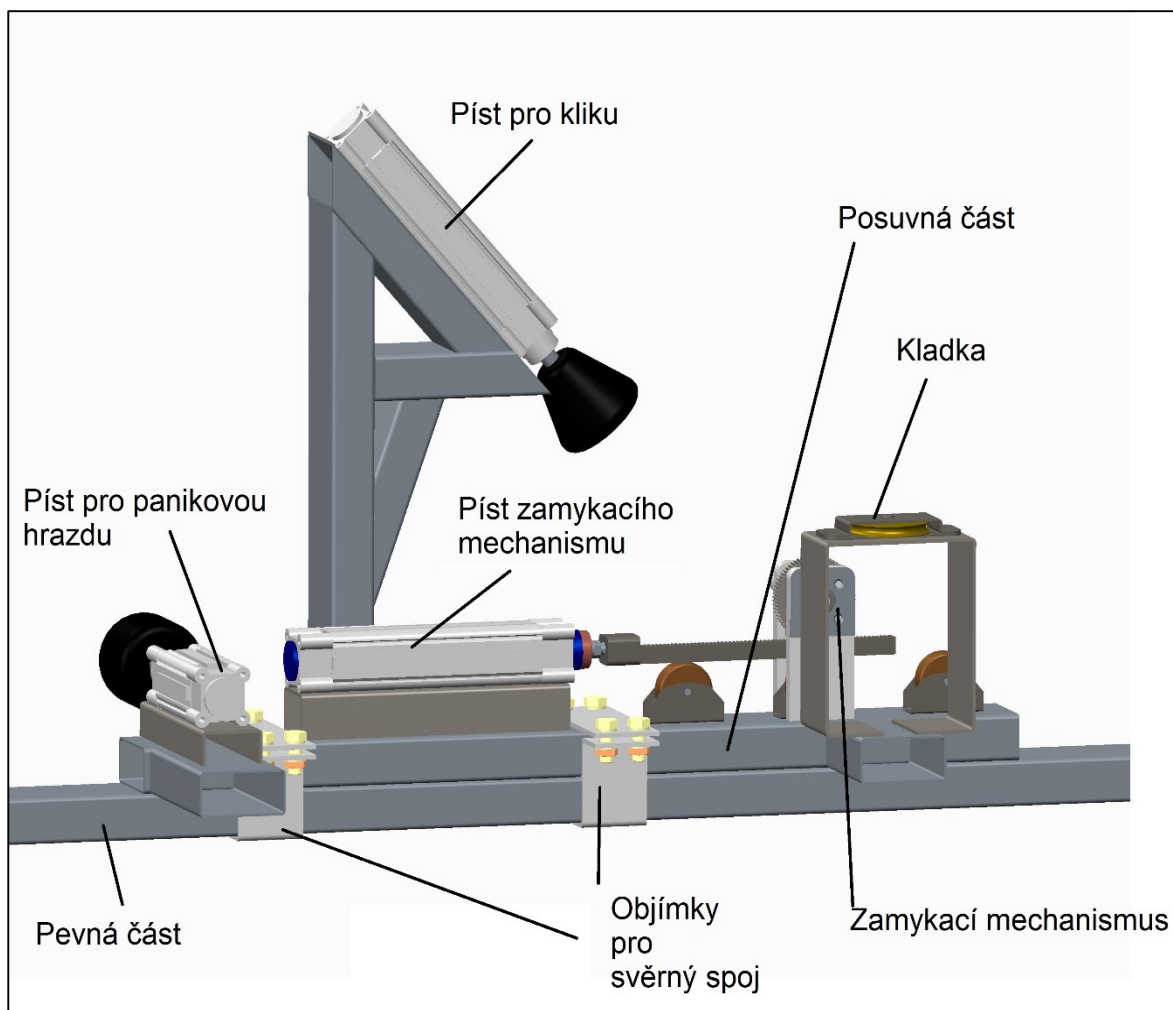
5.3.1. Pevný rám

Pevný rám pneumatických prvků je přivařen k levé a pravé části hlavního rámu. Skládá se z obdélníkových trubek o rozměru 80x40x2. Příčka, která je vyměnitelná podle typu testovaných dveří, je k přivařeným částem šroubována pomocí čtyř šroubů M16. Na pevný rám pneumatických prvků je svěrným spojem přichycen posuvný rám (kapitola 5.3.2), který obsahuje všechny pneumatické prvky.



Obr. 5.9 - Rám pneumatických prvků

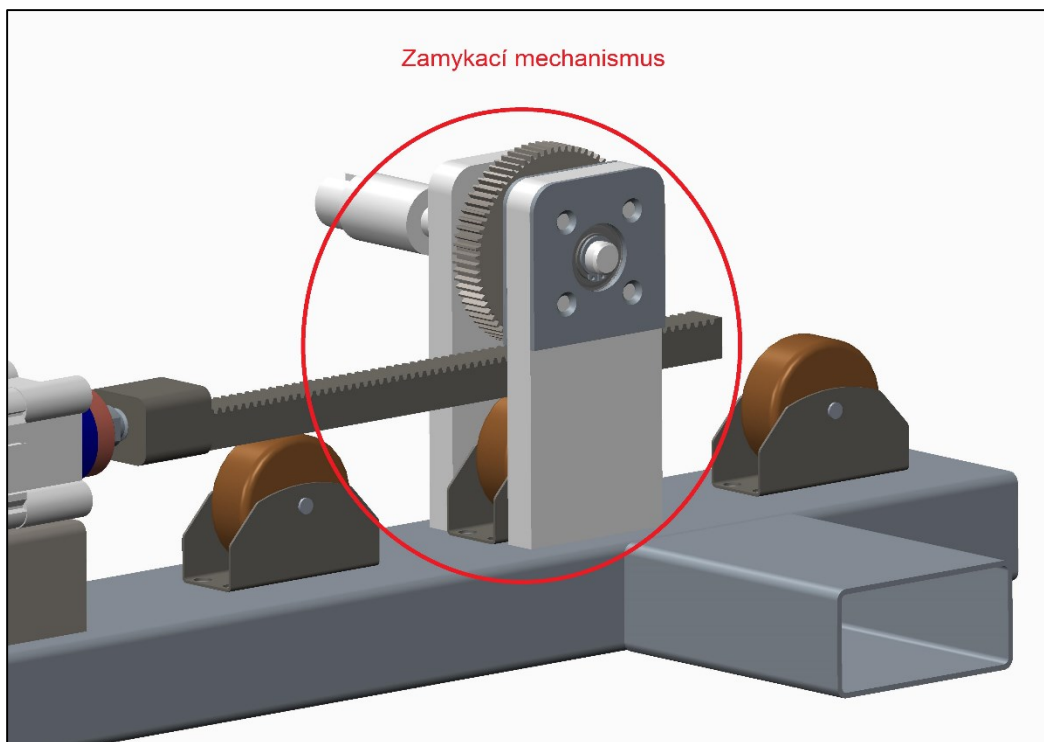
5.3.2. Posuvný rám



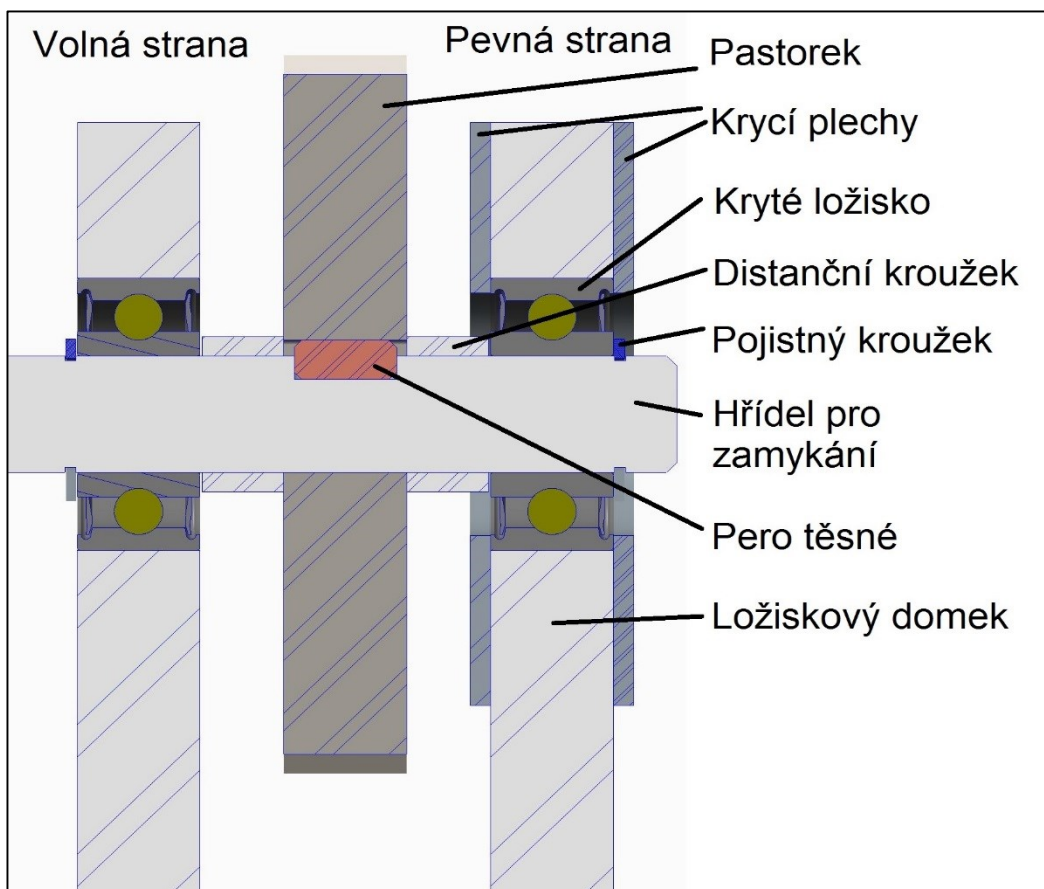
Obr. 5.10 - Posuvný rám pneumatických prvků

Posuvný rám (Obr. 5.10) obsahuje tři pneumatické válce (písty). První je pro zmáčknutí panikové hrazdy. Tento píst bude v provozu pouze tehdy, budou-li dveře vybaveny panikovou hrazdou pro otevírání dveří. Další píst slouží ke zmáčknutí kliky před otevíráním dveří (nebo i při zavírání). Poslední je pak píst na zamykání a je připojen na ozubený hřeben, který je posuvný. Tímto hřebem je otáčeno pastorkem, na který je napojena hřídel, která otáčí klíčem. Zdvih pístu a ozubení hřebenu a pastorku je navrženo tak, že při plném zdvihu pístu se pastorek s hřídelí otočil o necelou otáčku. To odpovídá zamknutí zámku na jeden západ. Dále obsahuje posuvný rám kladku pro vedení lana pro zavírání a dvě objímky na přichycení posuvného rámu k pevnému. Objímky jsou z 6mm plechu a jsou k sobě staženy dohromady osmi šrouby M12.

5.3.3. Uložení zamykacího mechanismu



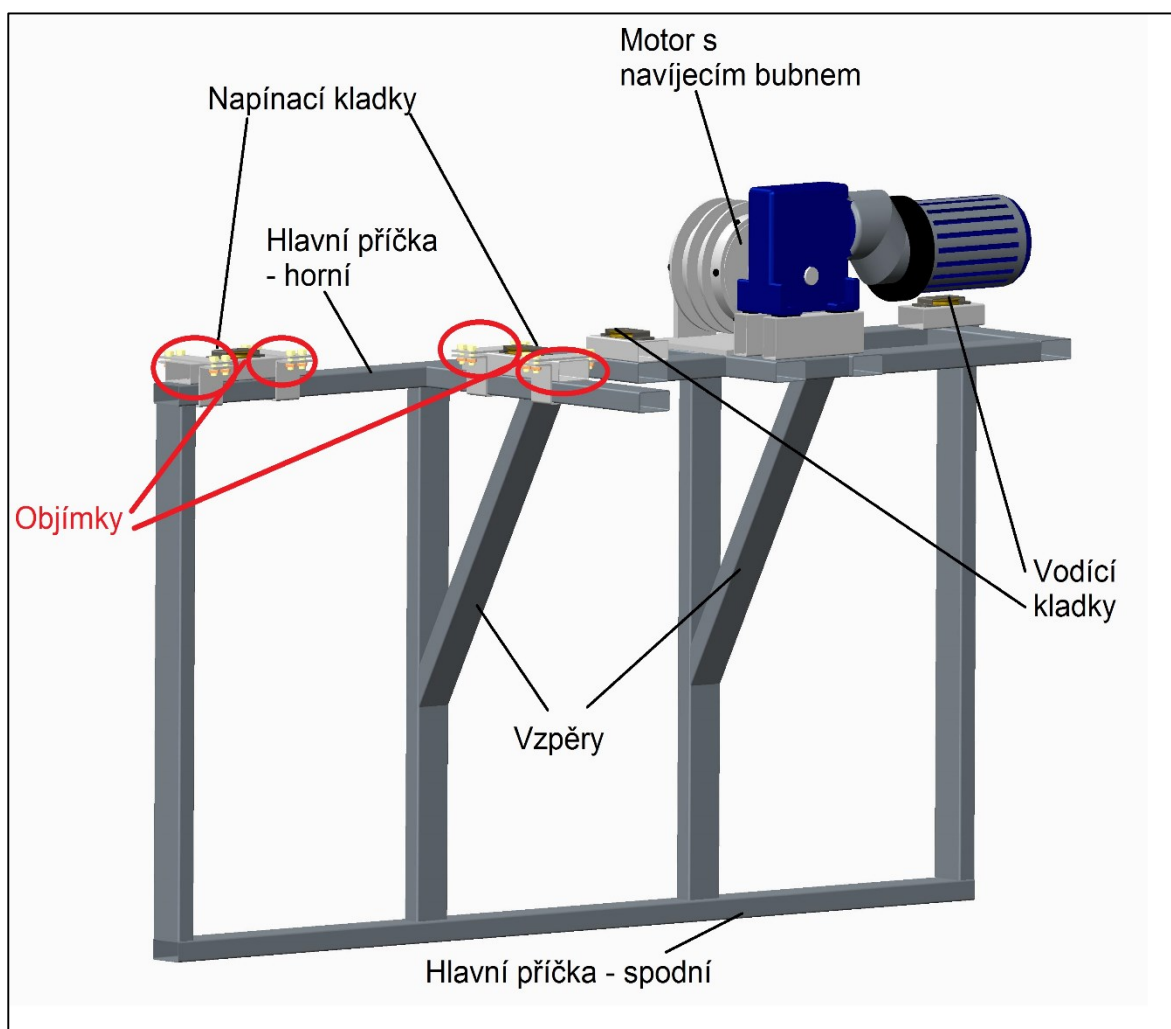
Obr. 5.11 - Zamykací mechanismus



Obr. 5.12 - Zamykací mechanismus – řez a popis

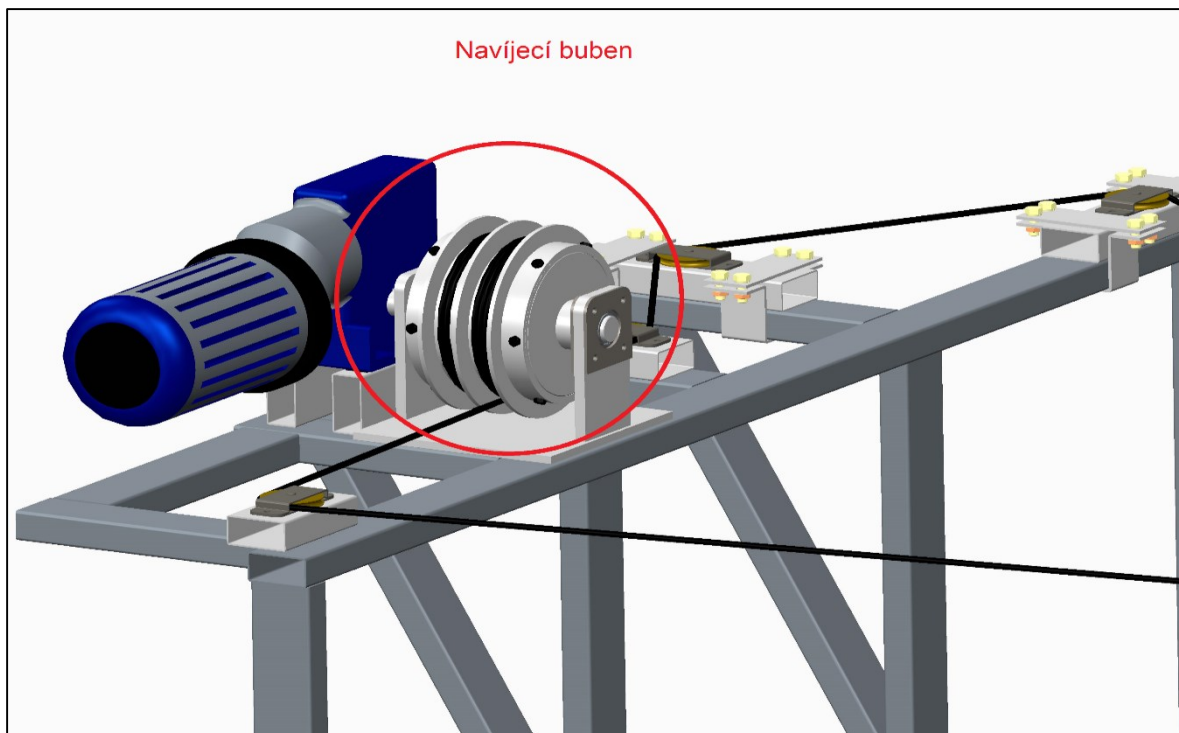
5.4. Rám motoru

Rám (Obr. 5.13) je svařen z obdélníkových trubek 80x40x2 stejných, jako u předchozího rámu pneumatických prvků. K hlavnímu rámu bude buď přivařen nebo v několika místech přišroubován. Při realizaci se vedení firmy rozhodne podle skladovacích možností, jaká volba bude preferována. Je patrné, že rám je složen ze dvou hlavních příček a čtyř sloupků. Ke dvěma z nich jsou navařeny vzpěry, které pomáhají lépe přenášet síly v rámu. Na horní hlavní příčce je pak ukotvena většina zásadních prvků tohoto rámu. Je zde prostor pro dvě posuvné kladky, které slouží jako napínání lana při změně rozměru testovaných dveří. Tyto kladky jsou upevněny opět pomocí objímek z 6mm plechu a osmi šroubů M12. Dále jsou zde prostory pro vodící kladky a ukotvení motoru s navíjecím bubnem.

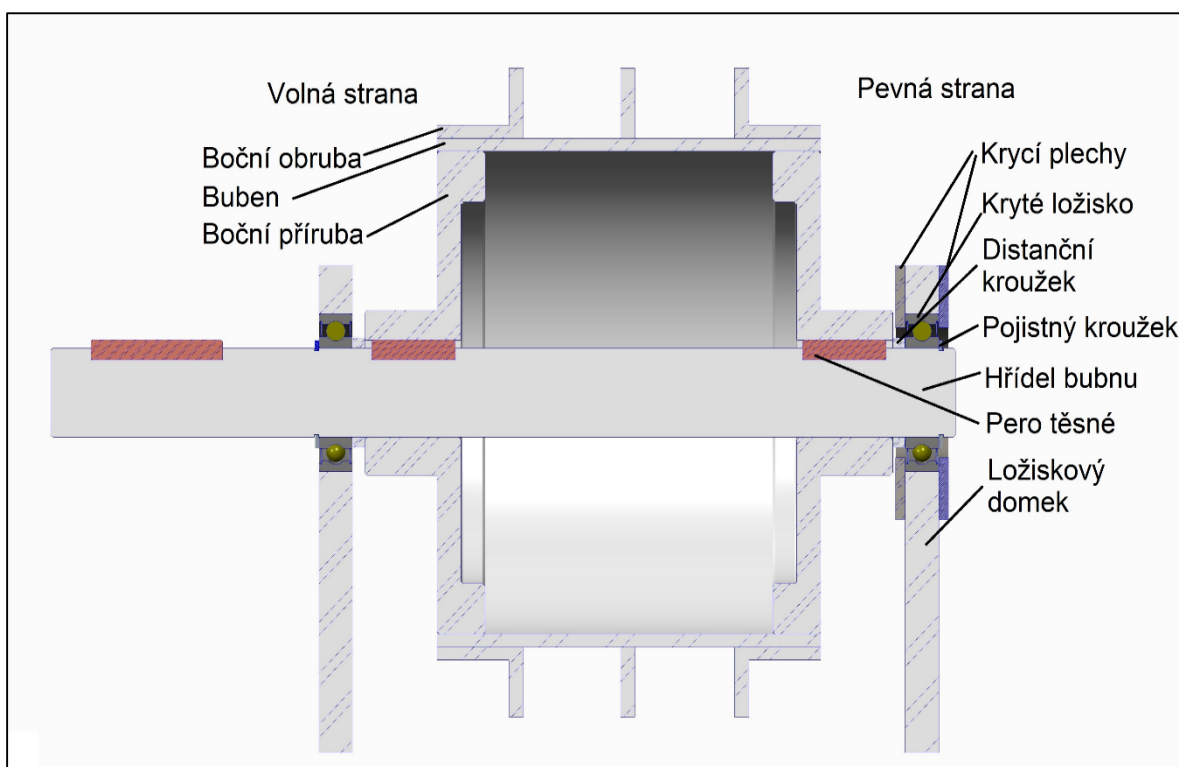


Obr. 5.13 - Rám motoru

5.4.1. Uložení bubnu



Obr. 5.14 - navíjecí buben

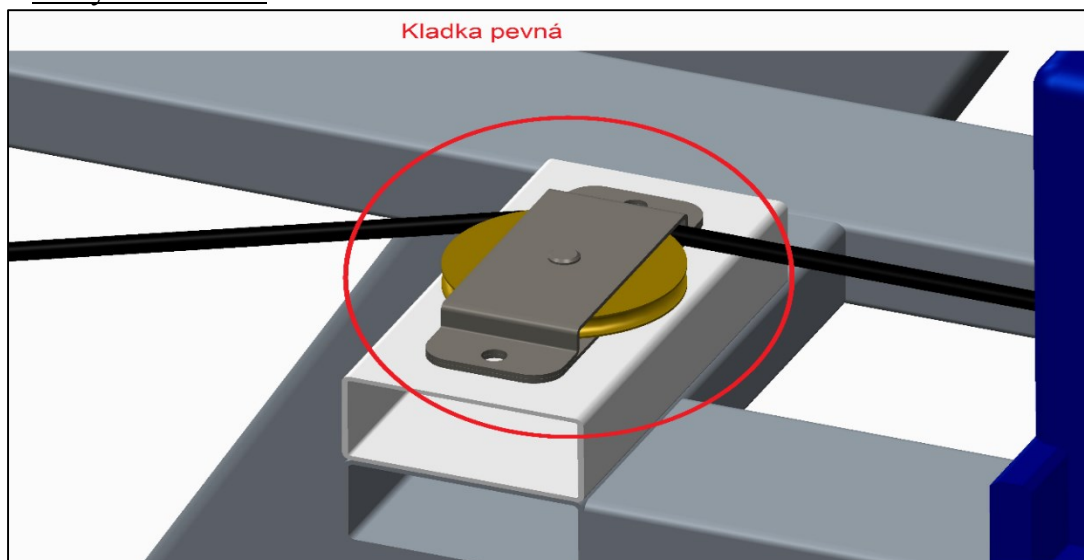


Obr. 5.15 - Navíjecí buben – řez a popis

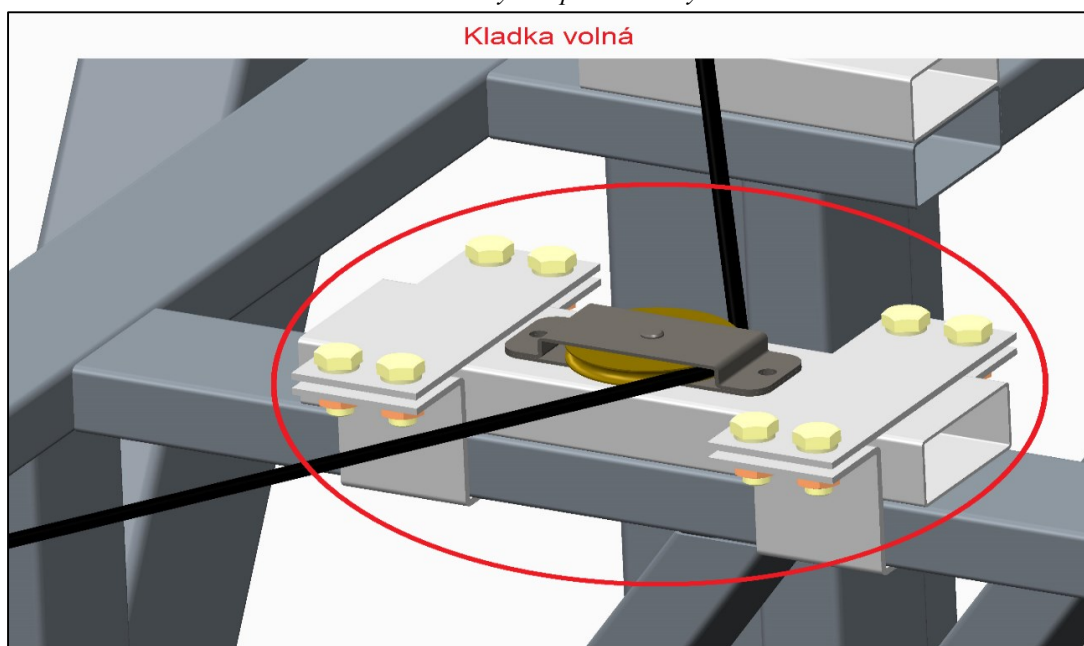
Elektromotor slouží k otáčení navíjecího bubnu, na který je pevně přichyceno lano (Obr. 5.14). Lano je vedeno přes systém kladek ke dveřím, kde je upevněno ke klice.

Buben je rozdělen na dvě části. Při otáčení bubnu jedním směrem, se lano na jednu část namotává a z druhé se odmotává. Při obrácení chodu motoru je to naopak. Tím se otevírají a zavírají dveře. Uchycení lana není v modelu zobrazeno. Bude realizováno pomocí objímky kliky, na které bude oko. Za toto oko se zahákne pomocí karabiny lano.

5.5. Uchycení kladek



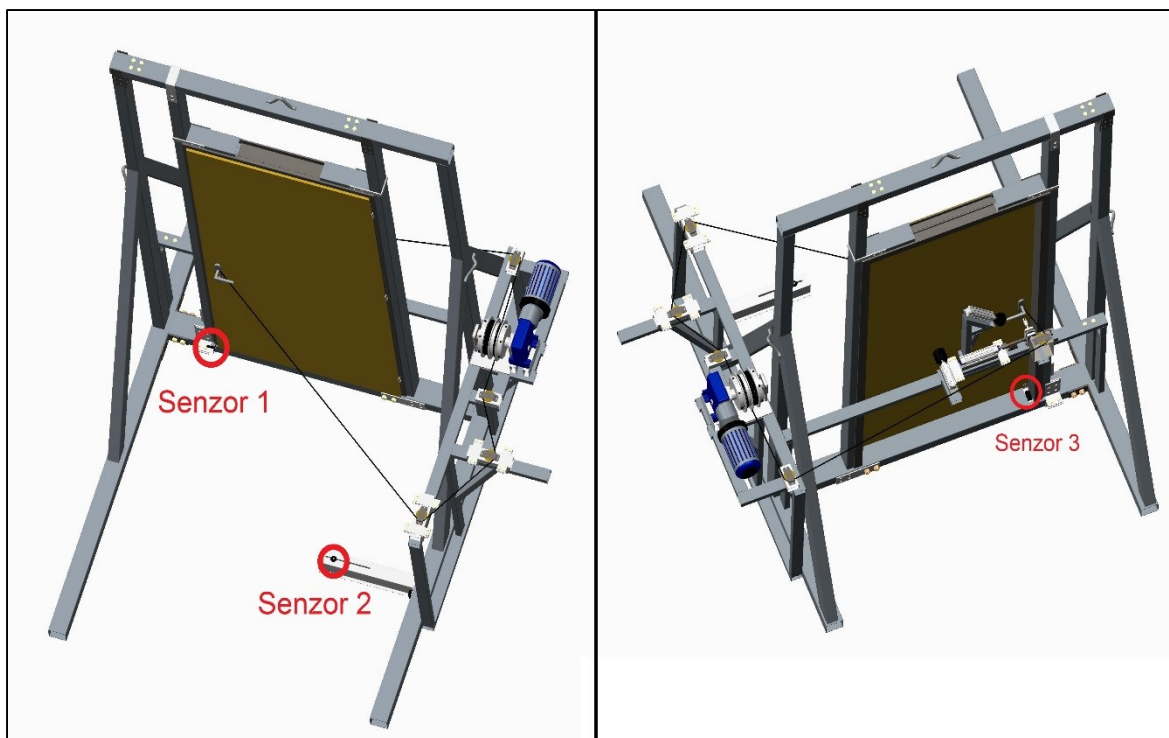
Obr. 5.16 - Uchycení pevné kladky



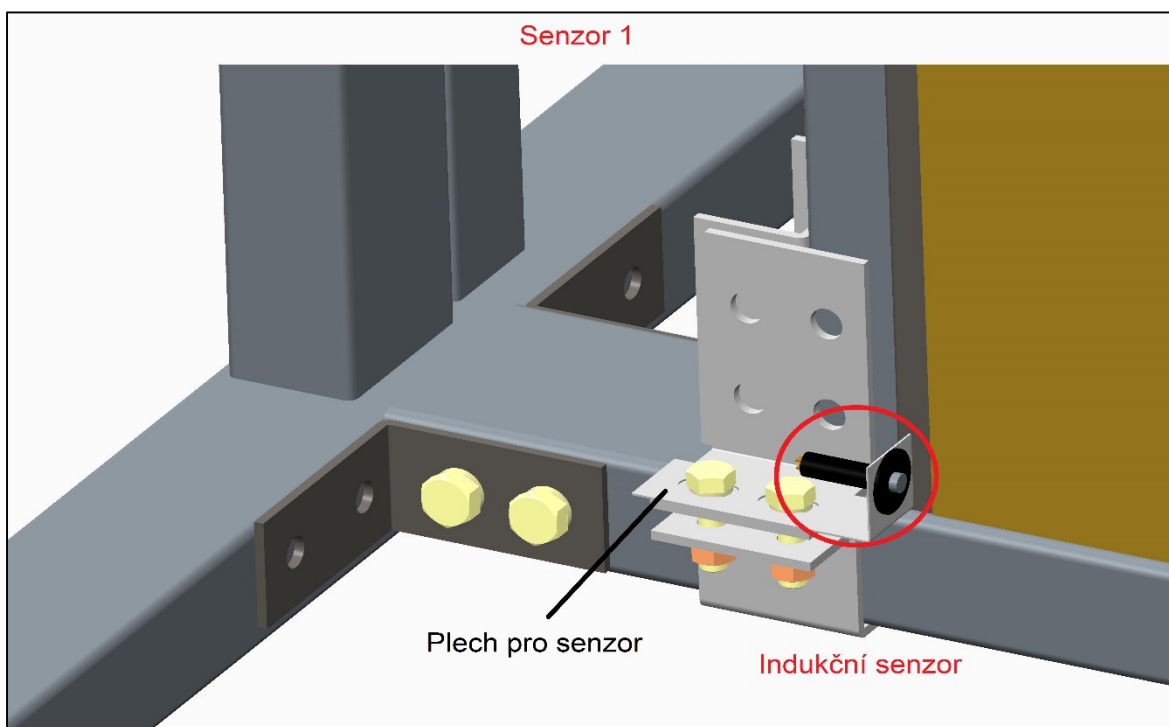
Obr. 5.17 - Uchycení volné kladky

Kladka pevná je přivařena na pevně ke světlé obdélníkové trubce (Obr. 5.16) a ta je pevně přivařena k rámu. Kladka volná je na pevně přivařena ke světlé obdélníkové trubce (Obr. 5.17) a ta je přichycena objímkami, popsány výše, k rámu.

5.6. Sensory

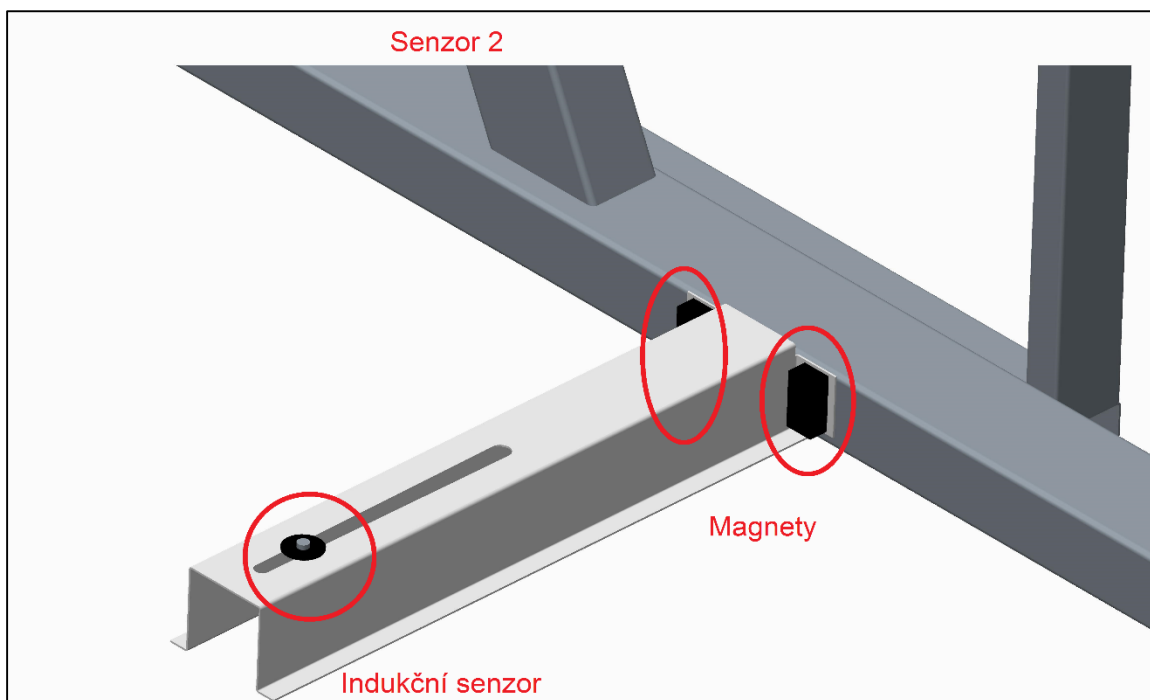


Obr. 5.18 - Rozmístění senzorů



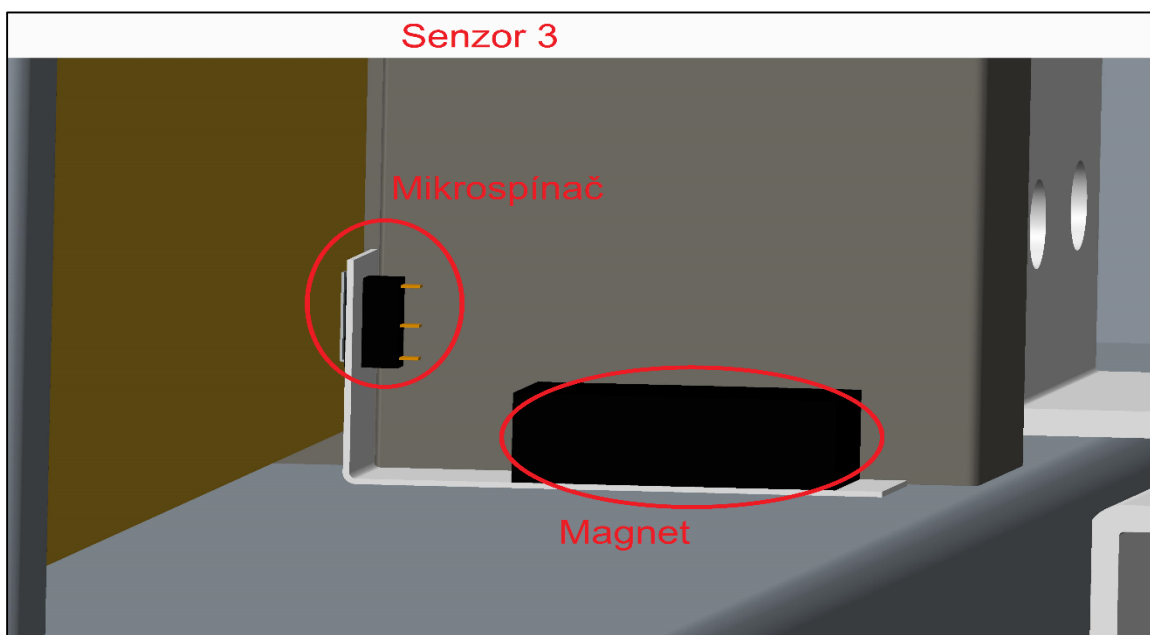
Obr. 5.19 - Umístění senzoru 1

Indukční senzor 1 (Obr. 5.19) je umístěn na plechu s oválnými výseky pro seřízení. Slouží pro zjištění stavu, zda se dveře v této části otevírají nebo zavírají.



Obr. 5.20 - Umístění senzoru 2

Tento indukční senzor (Obr. 5.20) slouží ke zjištění, zda se dveře otevřely o 90° (případně 110°). Je umístěn v oválné drážce, ve které se může posouvat. Zároveň je plech s drážkou uchycen k rámu magnety. Tím se dá nastavit přesná poloha senzoru.



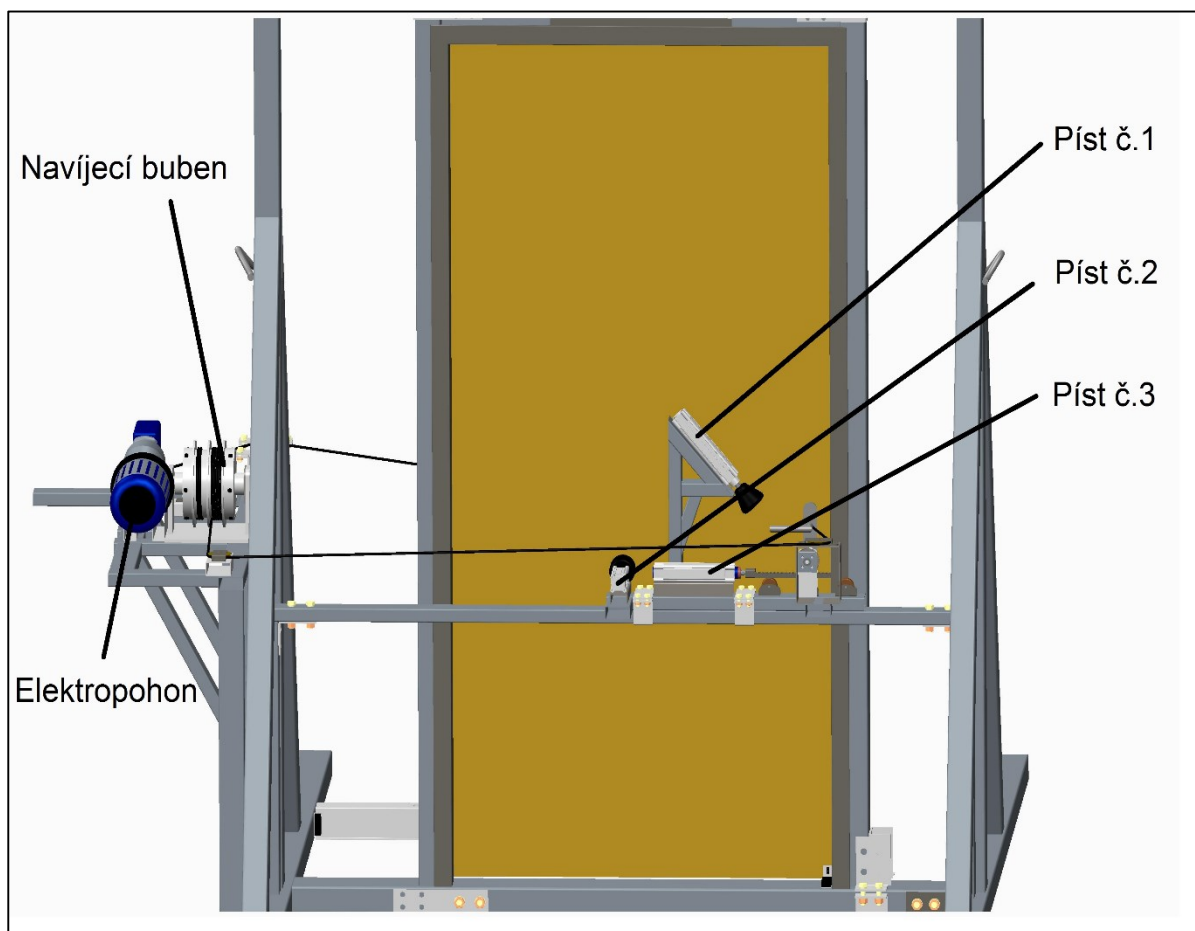
Obr. 5.21 - Umístění senzoru 3

Mikrospínač (Obr. 5.21) zde slouží k detekci, zda byly dveře zavřeny a může začít další cyklus, případně jestli se dveře vrátily z otevřené polohy. Je umístěn na plechu, přichyceném magnetem k rámu.

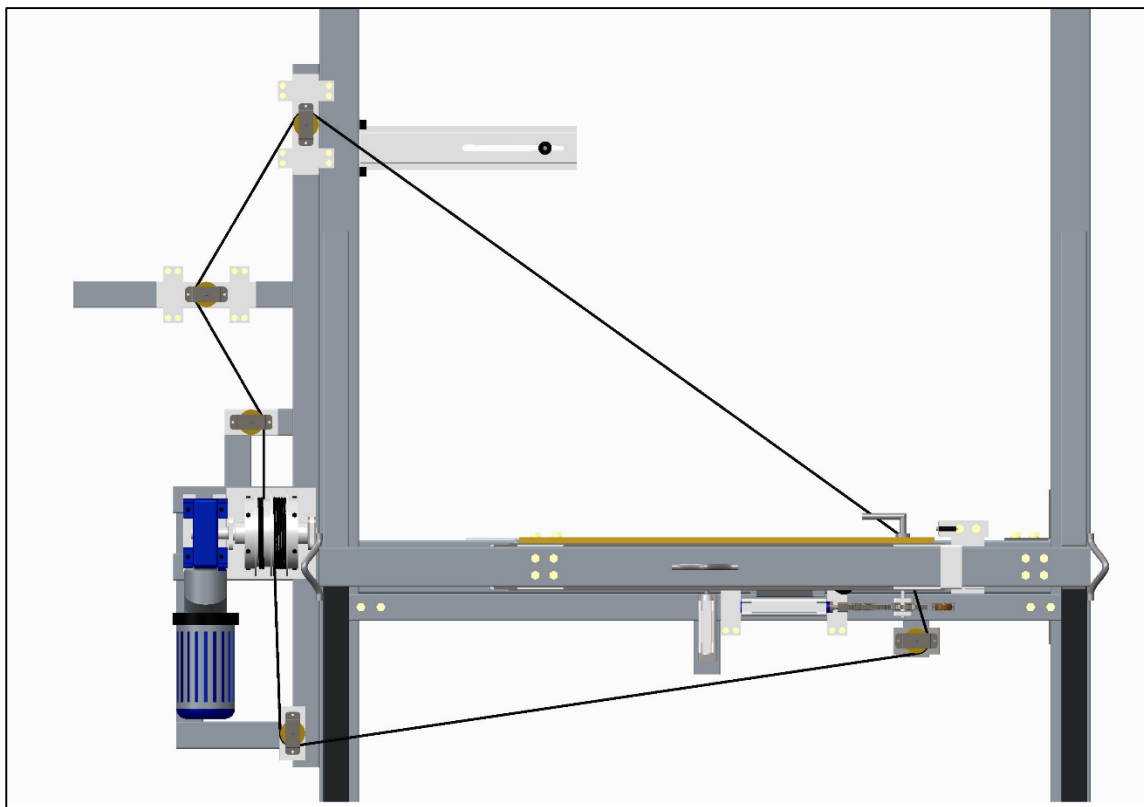
5.7. Popis testovacího cyklu

Po ukotvení dveří do rámu bude spuštěn jeden z přednastavených programů. Tyto programy si bude vytvářet zadavatel sám, podle vlastních požadavků (*kapitola 2.1*). Celkový cyklus bude popsán pro otevření a zavření dveří bez samozavírače a bez zmáčknutí kliky při zavírání.

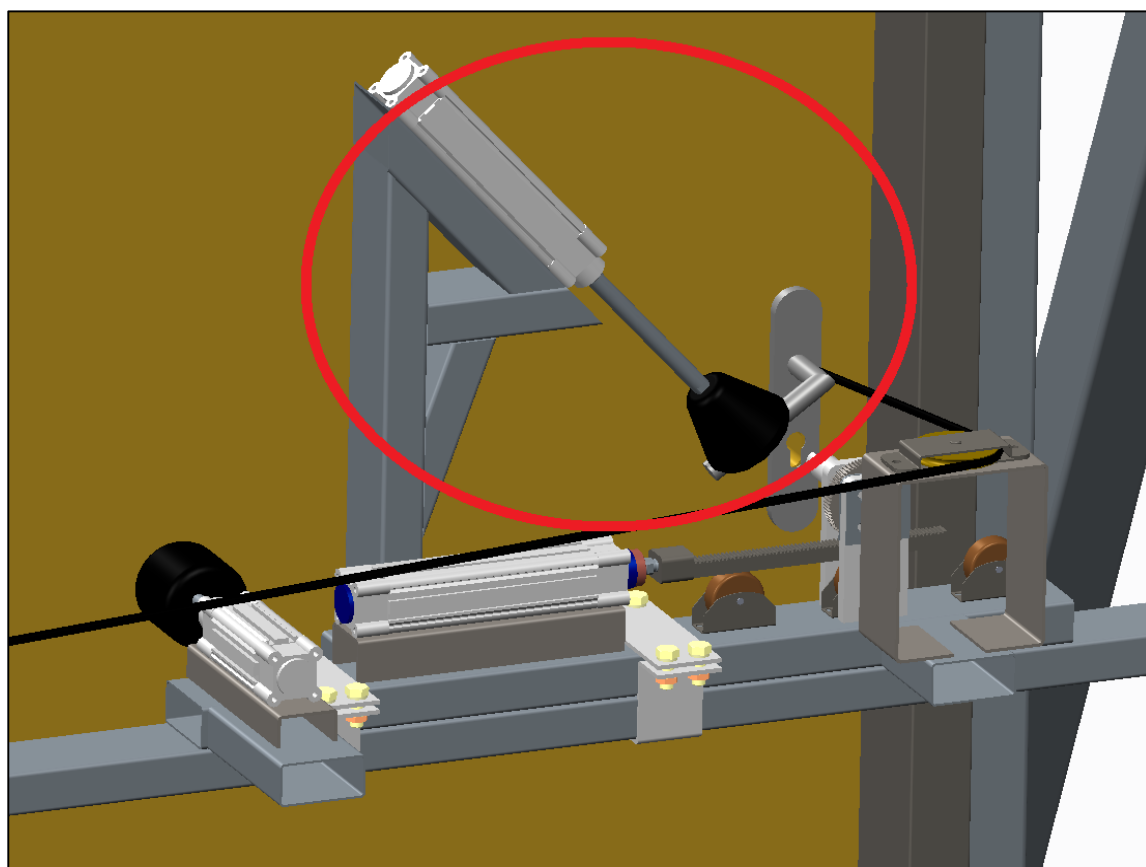
Cyklus začíná z klidové polohy, kdy jsou písty zasunuty a elektromotor stojí. Nejprve se provede zmáčknutí kliky pístem č.1 (*Obr. 5.24*). Píst je vybaven senzory v koncových polohách, takže po signálu z koncové polohy vysunuto se začne otáčet elektromotor a tím otevírat dveře (*popsáno v kapitole 5.4*). Při otevírání dveří se píst č.1 zasune do výchozí polohy. Pokud jsou dveře vybaveny panikovou hrazdou namísto kliky, je začátek cyklu podobný, pouze místo pístu č.1 je v činnosti píst č.2 (*Obr. 5.22*). Otevírání dveří zachytí senzory 1 a 3, které jsou popsány výše (*kapitola 5.6*). Dveře se otevírají, dokud nejsou zaznamenány senzorem 2. Otvírání může být prováděno dle nastavení v libovolném rozmezí 0°-110°. Většinou se bude testovat otevření o 90° (*Obr. 5.25*) nebo 110° (*Obr. 5.26*).



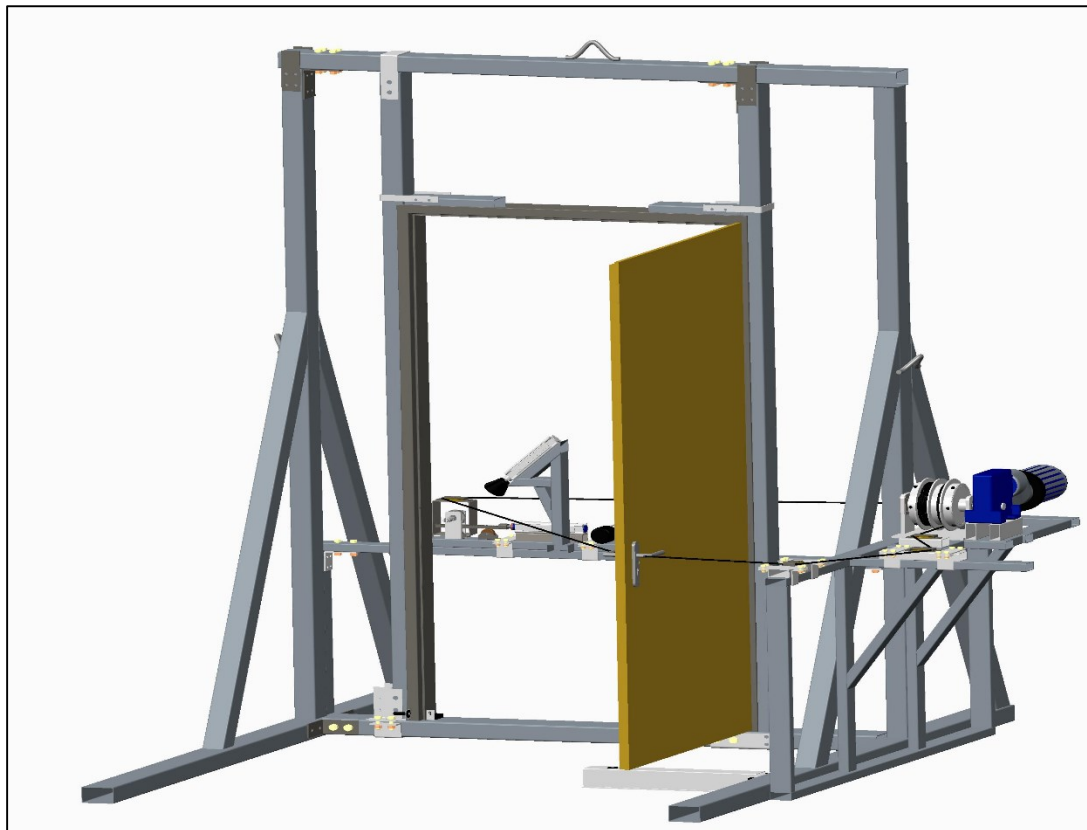
Obr. 5.22 - Popis cyklu 1



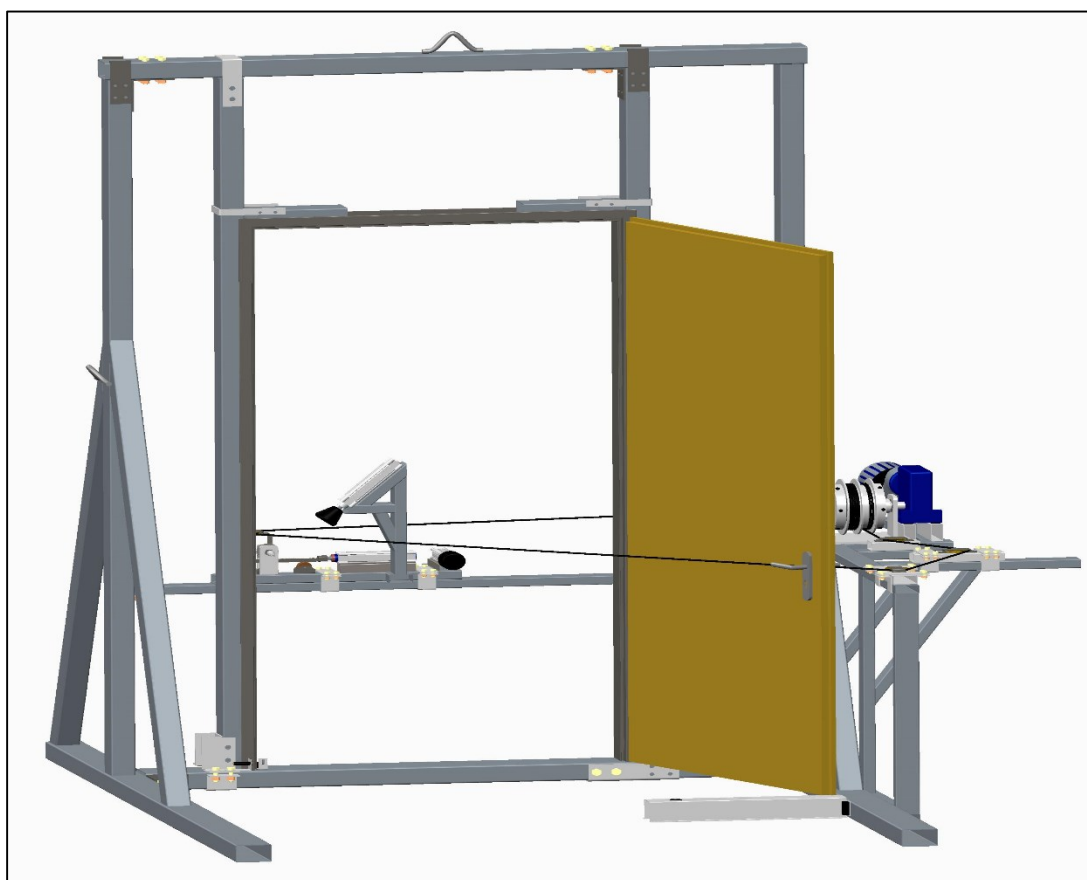
Obr. 5.23 - Vedení lana



Obr. 5.24 - Zmáčknutí kliky

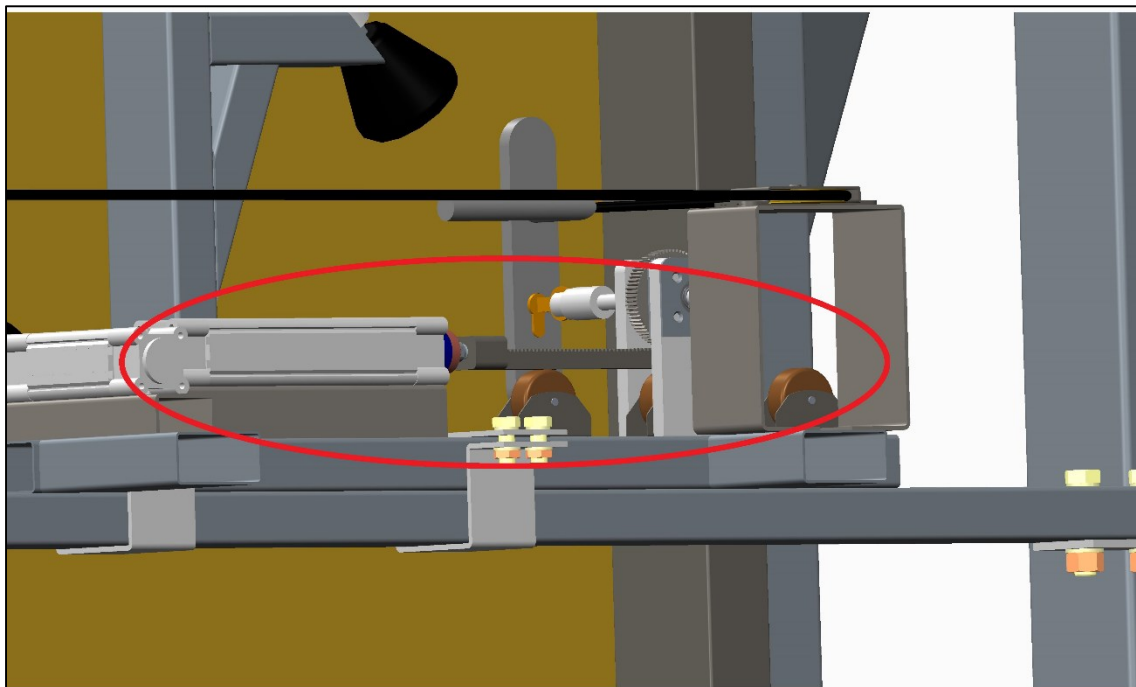


Obr. 5.25 – Otevření o 90°

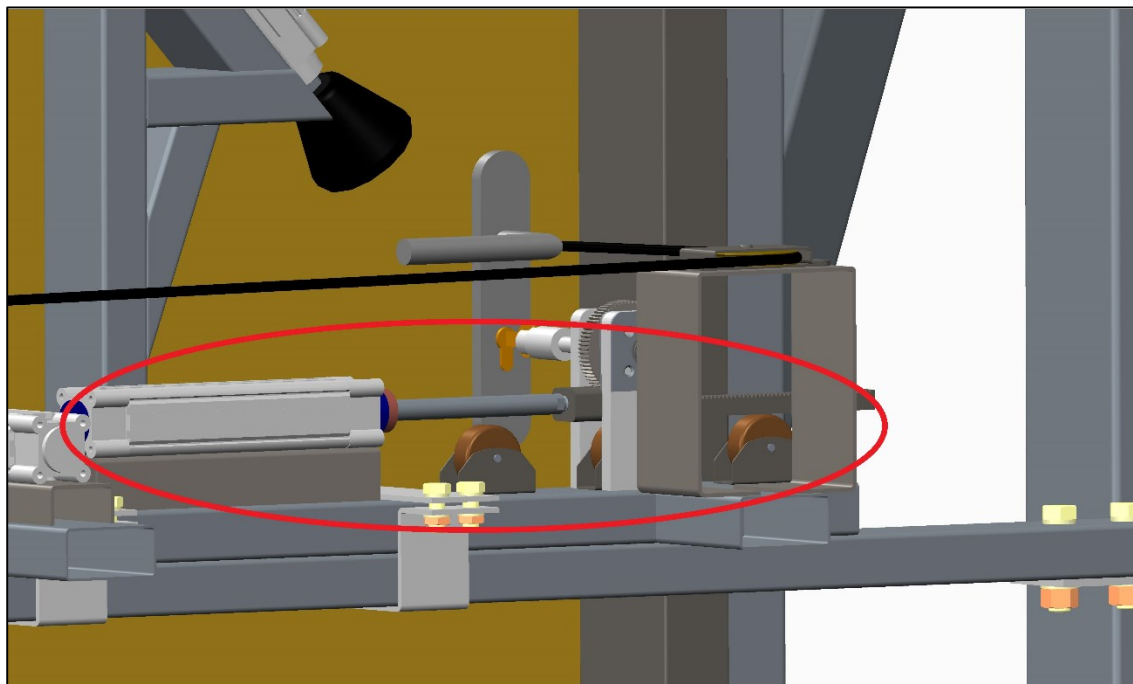


Obr. 5.26 - Otevření o 110°

Po otevření do požadované polohy je obrácen chod motoru a dveře se začnou zavírat. Dle nastaveného programu je provedeno samotné zavření. V popisovaném případě je to zabouchnutí dveří bez použití pístu č.1 pro zmáčknutí kliky. Po zavření a ověření, zda jsou dveře opravdu zavřené (senzor 3), se provede zamknutí a odemknutí zámku pomocí pístu č.3 (Obr. 5.27 a Obr. 5.28). Celý cyklus se potom opakuje.

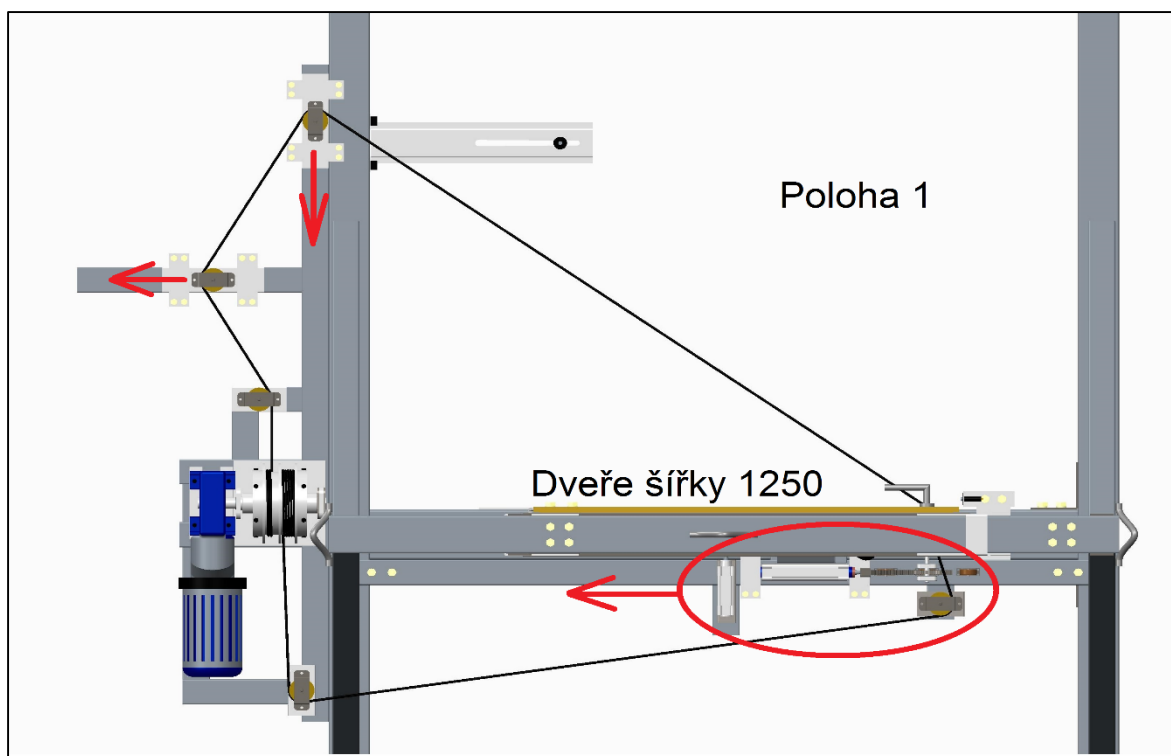


Obr. 5.27 - Zamykání - odemknutá poloha

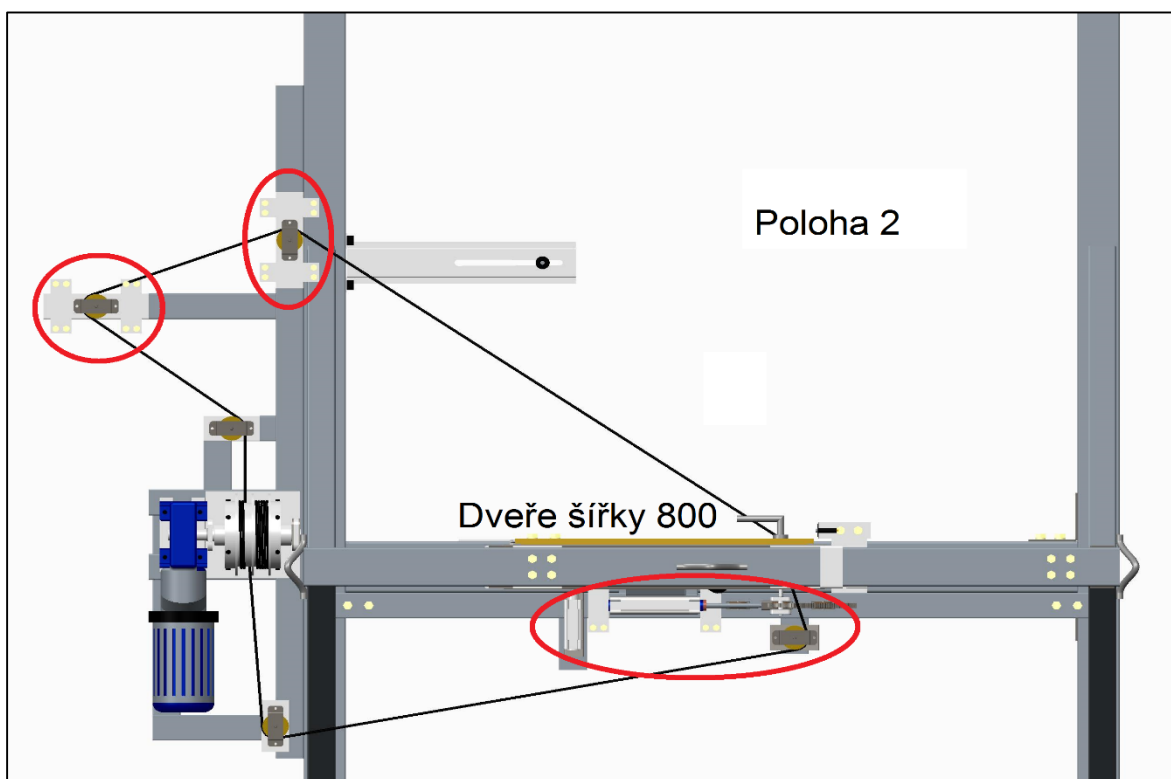


Obr. 5.28 - Zamykání - zamknutá poloha

Při změně rozměru testovaných dveří se změní poloha posuvných kladek a posuvného pneumatického rámu (Obr. 5.29 a Obr. 5.30).



Obr. 5.29 - Poloha kladek a posuvného rámu u dveří 1250mm



Obr. 5.30 - Poloha kladek a posuvného rámu u dveří 800mm

6. Určení potřebné otevírací síly

6.1. Ruční výpočet síly

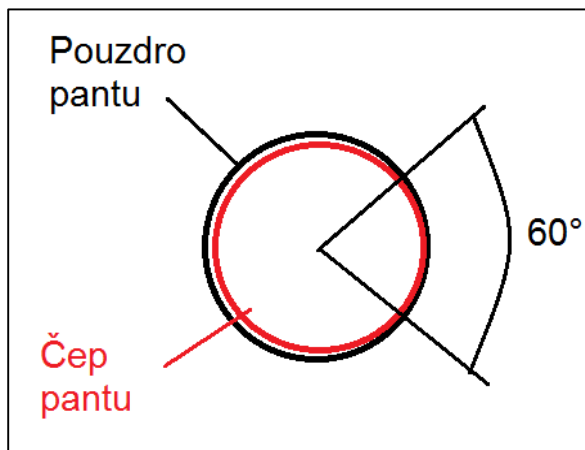
Pro správné dimenzování částí zařízení je potřeba zjistit síly, které budou během testování působit. Nejvíce bude návrh ovlivňovat síla, která musí být vyvinuta pro otevření dveří na základě požadavků. Odpor proti otevření je dán třením v pantech a setrvačnými silami. Pant se skládá ze dvou dílů. Na zárubních je navařeno pouzdro, do kterého se nasazuje čep, který je přišroubovaný ke dveřím. Mezi dosedacími plochami je kluzná teflonová podložka. Materiál čepu pantu dveří je ocel. V pouzdře na zárubních je bronzové kluzné ložisko.

- Hmotnost dveří $m_d = 250\text{kg}$
- Šířka křídla $l_{1250} = 1250\text{mm}$
- Svíraný úhel lano/dveře $\alpha_{\text{lano}} = 45^\circ$
- Síla samozavírače (při začátku otvírání) $F_{\text{zav}} = 80\text{N}$
- Počet pantů $n_p = 5$
- Vzdálenost buben/panty $l_p = 400\text{mm}$ (viz Obr. 6.4)
- Vzdálenost oka $\text{oko} = 100\text{mm}$ (viz Obr. 6.4)
- Kontaktní úhel tření $\alpha = 2 \times 120^\circ$ (viz Obr. 6.1)
- Součinitel tření (ocel-teflon) $f_{tt} = 0,04$ (viz Tab. 6.1)
- Koeficient tření (ocel-bronz) $f_{tb} = 0,13$ (viz Tab. 6.1)
- Koeficient vláknového tření $k_{tv} = 1,23$ (viz Tab. 6.2)
- Tíhové zrychlení $g \approx 9,81$ (viz. [5] str. 20)
- Koeficient bezpečnosti $k_b = 3$ (voleno)

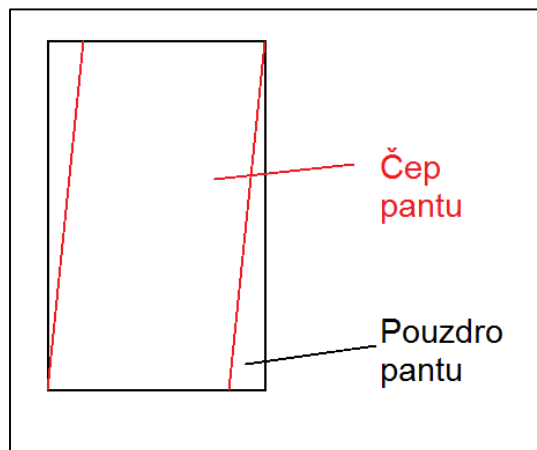
Materiál 1	Materiál 2	Statický, suchý povrch	Dynamický, suchý povrch	Statický, mastný povrch	Dynamický, mastný povrch	Zkušební metoda
Ocel	Bronz fosfatový	0.35	-	-	-	-
Ocel	Polythened	0.2	-	0.2	-	-
Ocel	Polystyren	0,3-0,35	-	0,3-0,35	-	-
Ocel	Ocel	0.78	0.42	0,05 -0,11	0029 -, 12	-
Ocel	Ocel zinkovaná	0.5	0.45	-	-	-
Teflon	Ocel	0.04	-	0.04	0.04	-
Stříbro	Stříbro	1.4	-	0.55	-	-
Bronz sintrovaný	Ocel	-	-	0.13	-	-

Tab. 6.1 - Volba součinitele tření f_{tt} (ocel – teflon) a f_{tb} (ocel – bronz) [12]

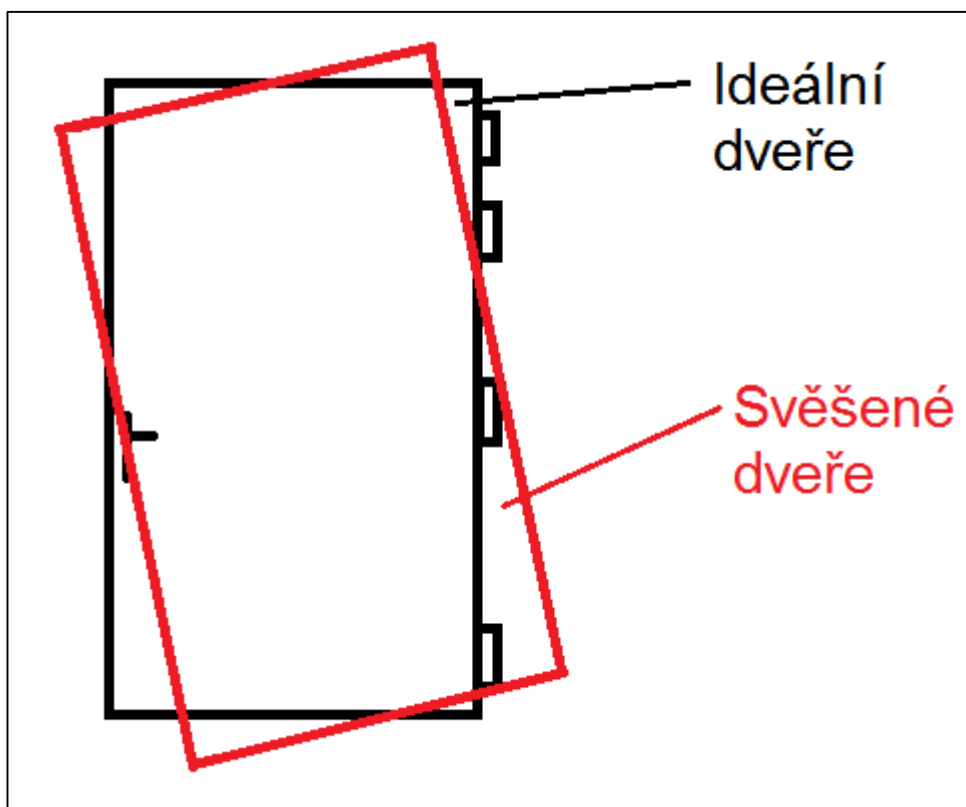
Kontaktní úhel tření je 60° (Obr. 6.1). Respektive 60° na horní i spodní straně pantu (Obr. 6.2), dohromady tedy počítáno 120° . Tento úhel je dán svěšením dveří (Obr. 6.3). Po montáži se mají dveře snahu vyklánět od pantové strany (okem téměř nepozorovatelné). Tzn., že osa pantu není rovnoběžná s osou otáčení. Proto je v tomto případě uvažováno vláknové tření na místo čepového (Tab. 6.2)



Obr. 6.1 - Pohled na svěšený pant z hora



Obr. 6.2 - Pohled na svěšený pant ze předu

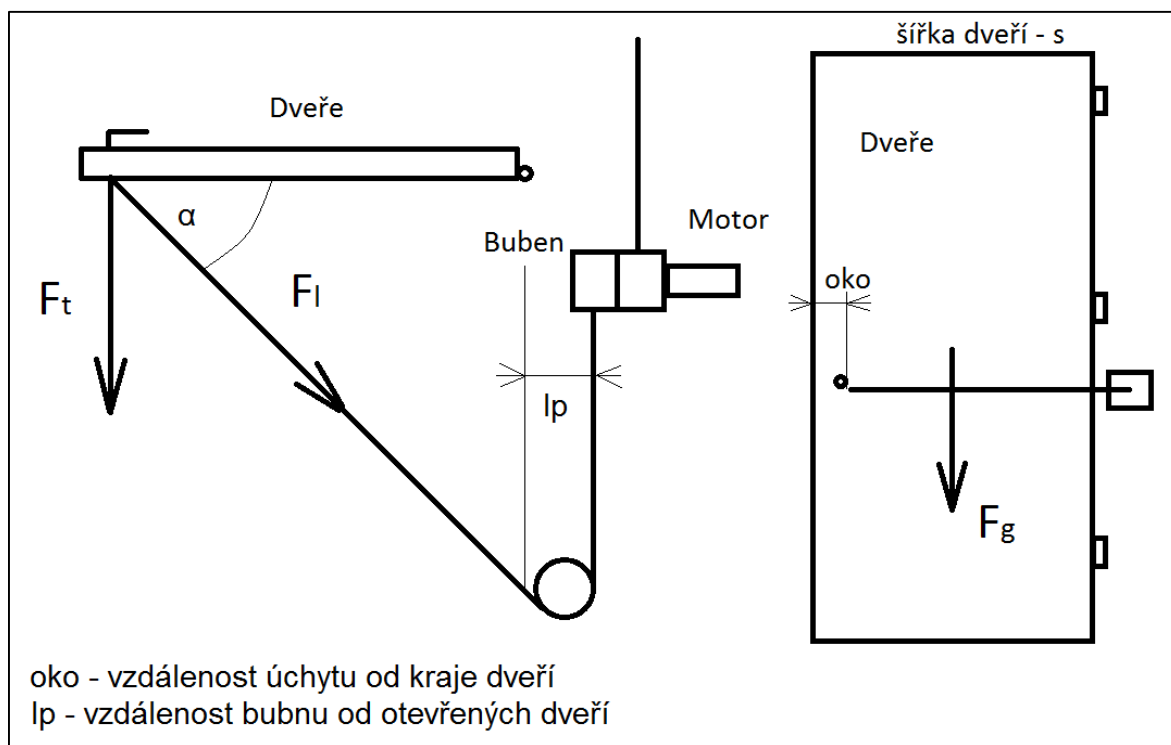


Obr. 6.3 - Svěšení dveří (Přehnané měřítko. Ve skutečnosti téměř nepozorovatelné)

Na základě **úhlu opásání = kontaktní úhel tření** a součinitele $\mu = f_{tb}$ volím koeficient $e^{\mu \cdot \alpha} = k_{tv}$ (e – Eulerova konstanta [5] str.21)

		Úhel opásání α								
rad	1,57	2,09	2,62	3,14	3,66	4,18	4,71	5,23	5,75	6,28
(°)	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Součinitel μ	Hodnoty součinitele $e^{\alpha\mu}$									
0,10	1,17	1,23	1,30	1,36	1,44	1,52	1,61	1,69	1,78	1,87
0,15	1,26	1,36	1,48	1,61	1,73	1,87	2,03	2,19	2,36	2,56
0,20	1,36	1,52	1,69	1,87	2,08	2,31	2,57	2,85	3,16	3,51
0,25	1,48	1,69	1,92	2,19	2,50	2,85	3,25	3,70	4,22	4,81
0,30	1,61	1,87	2,19	2,57	3,00	3,51	4,11	4,81	5,63	6,59
0,35	1,73	2,08	2,50	3,00	3,61	4,33	5,20	6,25	7,51	9,02
0,40	1,87	2,31	2,85	3,51	4,33	5,34	6,59	8,12	10,01	12,35
0,45	2,03	2,57	3,25	4,11	5,20	6,59	8,34	10,55	13,35	16,90
0,50	2,19	2,85	3,70	4,81	6,25	8,12	10,55	13,71	17,81	23,14
0,60	2,57	3,51	4,81	6,59	9,02	12,35	16,90	23,14	31,68	43,38

Tab. 6.2 - Volba Koeficientu vláknového tření [5]



Obr. 6.4 - Schéma rozmístění dveří a pohonu

Výpočet otevírací síly:

Tato síla bude působit i v laně a zároveň to bude maximální síla. Při výpočtech je proto označena jako F_l (Obr. 6.4) nebo také jako F_{\max} (6.1.4).

- Gravitační síla (6.1.1)

$$F_g = m_d \cdot g = 250 \cdot 9,81 = \mathbf{2452N} \quad (6.1.1)$$

- Posuvná třecí síla pantu (6.1.2)

$$F_t = \frac{F_g \cdot f_{tt}}{n_p} = \frac{2452 \cdot 0,04}{5} = \mathbf{19,6N} \quad (6.1.2)$$

- Čepová (vláknová) třecí síla pantu (6.1.3)

$$F_{\zeta} = F_g \cdot k_{tv} \cdot \frac{l_{1250} - oko}{2 \cdot n_p} = 2452 \cdot 1,23 \cdot \frac{1,25 - 0,1}{2 \cdot 5} \quad (6.1.3)$$

$$= \mathbf{346,8N}$$

- Maximální síla v laně $F_l = F_{\max}$ (6.1.4)

$$F_{\max} = \frac{(F_t + F_{\zeta} + F_{zav}) \cdot k_b}{\sin \alpha} = \frac{(19,6 + 392 + 80) \cdot 3}{\sin 45^\circ} \quad (6.1.4)$$

$$= \mathbf{1894N}$$

Z výpočtů vyplývá, že potřebná síla pro začátek pohybu dveří je **1894N**. Tento výpočet je ale pouze teoretický. Pro návrh pohonu je téměř nezbytné experimentální ověření otevírací síly.

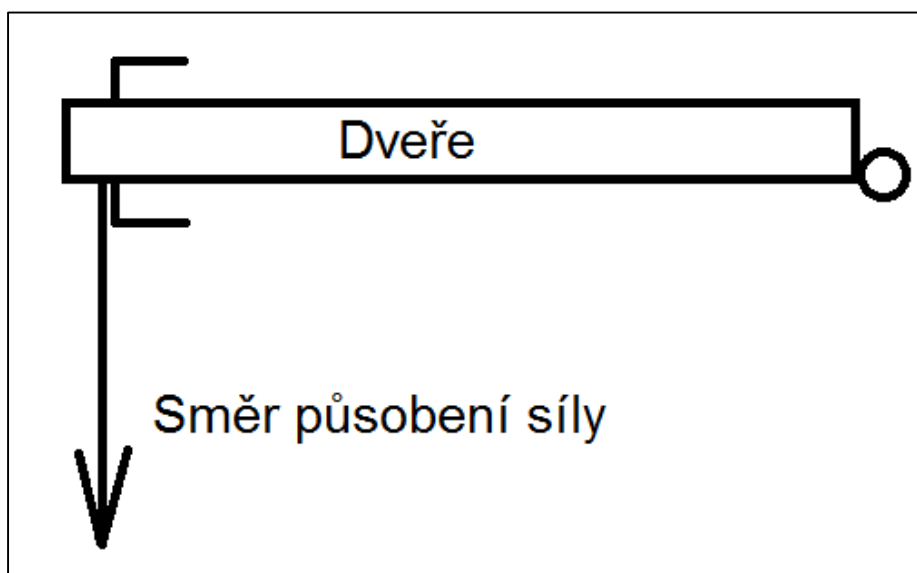
6.2. Experimentální metoda určení síly

Měření otevírací síly dveří bylo provedeno na různých dveřích a průběh každého měření byl podobný. Nejprve byla měřena síla potřebná k otevření dveří. Tato síla byla ke dveřím kolmá (Obr. 6.6) a dveře se otevřely o 90° průměrně za 2 sekundy. K měření byl použit siloměr firmy Lutron (Obr. 6.5). Dále byla měřena síla potřebná k zastavení dveří při zavírání a také síla potřebná k zavírání.

Při měření byla také zjištěna síla potřebná ke zmáčknutí kliky a panikové hrazdy.



Obr. 6.5 - Siloměr Lutron [13]



Obr. 6.6 - Působení síly při měření

6.2.1. Vipax a.s.

- Skleněné dveře o hmotnosti 100kg
- Bez samozavírače
- Měření otevírání, zavírání, zastavení, zmáčknutí kliky

měření	otevírání	zavírání	zastavení	klika
	Síla (N)			
1	179.0	116.4	130.0	17.6
2	174.4	104.2	130.0	7.2
3	133.8	117.6	145.8	15.6
4	169.0	159.0	121.6	16.1
5	230.6	130.0	157.6	13.4
6	211.6	124.3	167.2	8.5
7	207.2	132.1	161.0	11.0
8	215.2	146.3	135.4	8.4
9	227.3	148.3	148.2	11.2
10	186.0	151.0	141.3	15.2
Φ	193.4	132.9	143.8	12.4
max	230.6	159.0	167.2	17.6

Tab. 6.3 - Naměřené hodnoty Vipax a.s.



Obr. 6.7 - Dveře použité k měření ve firmě Vipax a.s.

6.2.2. Superpočítačové centrum (SPC) Ostrava - Poruba

- Ocelové dveře o hmotnosti 120kg
- Se samozavíračem
- Měření otevírání, zmáčknutí kliky

měření	otevírání	klika
	Síla (N)	
1	189.3	6.8
2	194.8	5.4
3	168.0	7.8
4	173.4	5.0
5	175.6	8.0
6	168.8	7.0
7	173.8	6.4
8	180.0	8.1
9	152.3	7.9
10	161.5	7.2
ϕ	173.8	7.0
max	194.8	8.1

Tab. 6.4 - Naměřené hodnoty SPC Ostrava



Obr. 6.9 - SPC Ostrava



Obr. 6.8 - Dveře použité k měření SPC



Obr. 6.10 - Fotky z měření SPC Ostrava

6.2.3. 14 | 15 Baťův institut (1NP) - Zlín

- Ocelové dveře o hmotnosti 180kg
- Se samozavíračem
- Měření otevírání, zavírání, zastavení, zmáčknutí kliky

měření	otevírání	zavírání	zastavení	klika
	Síla (N)			
1	264.6	64.2	278.0	23.0
2	257.8	58.6	241.2	23.8
3	218.2	53.3	210.8	24.6
4	285.0	58.0	220.6	23.8
5	237.0	61.3	183.2	16.0
6	254.6	58.8	196.5	18.8
7	228.0	54.3	210.4	22.2
8	278.6	80.8	218.6	16.8
9	263.4	82.4	224.1	18.0
10	282.6	81.0	235.6	18.8
11	220.8	64.4	214.4	28.8
12	240.0	94.1	301.6	21.0
13	227.8	87.2	251.8	18.0
14	210.4	84.1	249.3	22.6
15	215.6	79.3	247.4	24.4
ϕ	245.6	70.8	232.2	21.4
max	285.0	94.1	301.6	28.8

Tab. 6.5 - Naměřené hodnoty 14 | 15 Baťův institut INP



Obr. 6.11 - 14 | 15 Baťův institut I

6.2.4. 14 | 15 Baťův institut (2NP) a přízemí – Zlín

- Ocelové dveře o hmotnosti 180kg
- Se samozavíračem
- Měření otevírání, otevírání pomalu, paniková hrazda v přízemí

měření	otevírání	pomalu
	Síla (N)	
1	175.2	96.4
2	222.0	98.5
3	266.4	105.4
4	275.2	112.3
5	292.2	89.2
6	270.0	94.1
7	285.9	100.0
8	264.3	102.3
9	259.8	105.1
10	246.2	98.9
ϕ	255.7	100.2
max	292.2	112.3

Tab. 6.6 - Naměřené hodnoty Baťův institut 2NP

měření	panik. hr.
1	74.0
2	66.8
3	65.4
4	67.2
5	68.8
6	72.6
7	69.6
8	76.0
9	75.0
10	74.4
11	68.6
12	71.8
13	74.4
14	71.2
15	70.8
ϕ	71.1
max	76.0

Tab. 6.7 - Naměřené hodnoty paniková hrazda



Obr. 6.12 - 14 | 15 Baťův institut 2



Obr. 6.13 - Fotka z měření 14 | 15 Baťův institut (1NP) Obr. 6.14 - Fotka z měření 14 | 15 Baťův institut (2NP)



Obr.6.15 - Fotka z měření 14 | 15 Baťův institut paniková hrazda v přízemí

6.2.5. Výpočet otevírací síly z naměřených hodnot

Jak bylo popsáno výše (*kapitola 6.2*), měření probíhalo tak, že působící síla byla ke dveřím kolmá. Na testovacím zařízení ale bude síla na počátku otevírání působit pod úhlem 45° . Navíc byl experiment proveden se dveřmi o maximální hmotnosti 180kg. Proto je nutné provést přepočet síly, aby odpovídala zadání a konstrukci zařízení.

- Maximální naměřená síla $F_{\text{exp}} = 302\text{N}$ (*Tab. 6.5* -
Naměřené hodnoty 14 | 15 Baťův institut INP)
- Hmotnost měřených dveří $m_{\text{exp}} = 180\text{kg}$ (*kapitola 6.2.3*)
- Požadovaná maximální hmotnost dveří $m_d = 250\text{kg}$ (*kapitola 2*)
- Úhel mezi lanem a dveřmi $\alpha = 45^\circ$
- Koeficient bezpečnosti $k_b = 3$ (*voleno*)
- Maximální síla určená z experimentu $F_{\text{max_exp}}$ (*6.2.1*)

$$F_{\text{max_exp}} = \frac{F_{\text{exp}} \cdot \frac{m_d}{m_{\text{exp}}} \cdot k_b}{\sin \alpha} = \frac{302 \cdot \frac{250}{180} \cdot 3}{\sin 45^\circ} = \mathbf{1780\text{N}} \quad (6.2.1)$$

Pro další výpočty bylo rozhodnuto, že se bude počítat se silou **1780N**. Je to z důvodu dostatečně velkého koeficientu bezpečnosti a také proto, že při experimentu byly dveře otevírány mnohem rychleji, než je požadováno. Konkrétně 2 sekundy na místo zadaných 4 sekund.

Pneumatické píсты pro zmáčknutí kliky nebo panikové hrazdy, nebudou počítány z důvodu malé požadované síly. Určí se pouze jejich zdvih.

7. Výpočty

7.1. Pohon

Zadáno:

- Průměr navíjecího bubnu $D_b = 200\text{mm}$
- Šířka dveří $l_{1250} = 1250\text{mm}$
- Počet cyklů $n_c = 200\,000$
- Doba testování $T_t = 30\text{dní}$
- Působící síla $F_{\max_exp} = 1780\text{N}$
- Přídavky na překonání setrvačných sil bubnu $M_{\text{set}} = 10\%$ (voleno)
- Úhel mezi lanem a dveřmi $\alpha = 45^\circ$ (viz Obr. 6.4)
- Vzdálenost buben/panty $l_p = 400\text{mm}$ (viz Obr. 6.4)
- Vzdálenost oka oko = 100mm (viz Obr. 6.4)

Vypočteno:

- Počet cyklů za minutu (Jmenovatel zlomku je násoben počtem hodin za den a počtem minut za hodinu. Vyjde tak počet cyklů za minutu.) (7.1.1)

$$n_{\text{cykl}} = \frac{n_c}{T_t \cdot 24 \cdot 60} = \frac{200\,000}{30 \cdot 24 \cdot 60} = \mathbf{4,6\text{cykl} \cdot \text{min}^{-1}} \quad (7.1.1)$$

- Doba jednoho cyklu (7.1.2)

$$T_c = \frac{60}{n_{\text{cykl}}} = \frac{60}{4,6} = \mathbf{13s} \quad (7.1.2)$$

Za tuto dobu se musí provést zmáčknutí kliky, otevření dveří o 90° , zavření dveří a nakonec jejich zamknutí a odemknutí. Je zvolena doba pro otevření dveří **5s**, pro dobu zavření **5s** a ostatní operace **3s**, v době pro zavření a otevření se musí počítat s dobou rozběhu a dobou brzdění, která je stanovena na **1s**. Pro další výpočet se bude uvažovat doba otevírání **$T_o = 4s$** .

- Potřebná délka navinutí (viz Obr. 6.4) (7.1.3)

$$l_n = \frac{l_{1250} + l_p - oko}{\sin \alpha} = \frac{1250 + 400 - 100}{\sin 45^\circ} = \mathbf{2192mm} \quad (7.1.3)$$

- Otáčky bubnu (7.1.4)

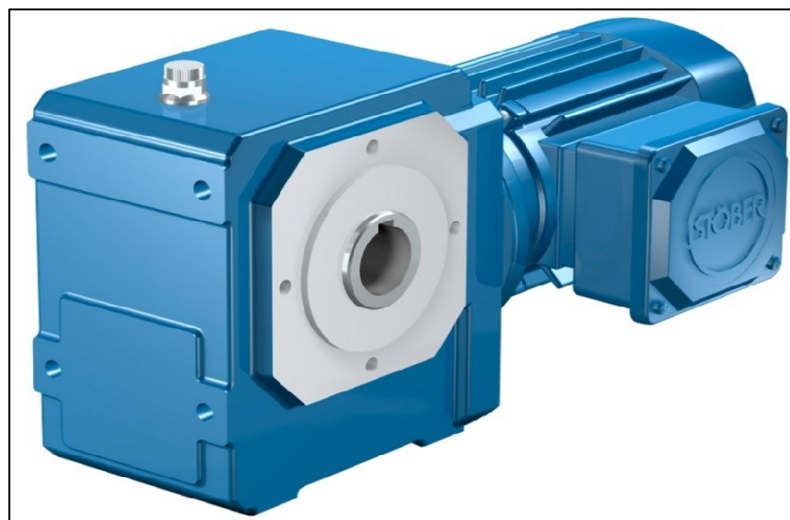
$$n_b = \frac{l_n \cdot 60}{\pi \cdot D_b \cdot T_o} = \frac{1,25 \cdot 60}{\pi \cdot 0,2 \cdot 4} = \mathbf{52,33ot \cdot min^{-1}} \quad (7.1.4)$$

- Maximální krouticí moment na bubnu (7.1.5)

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{F_{\max_exp} \cdot D_b}{2} \cdot (1 + M_{set}) = \\ &= \frac{1780 \cdot 0,2}{2} \cdot (1 + 0,1) = \mathbf{196N \cdot m} \end{aligned} \quad (7.1.5)$$

Výběr pohonu:

Pro výběr pohonu (Obr. 7.1) byly použity vypočtené hodnoty a také pracovní vyřízení motoru. Na základě všech požadavků (do návrhu pohonu byl zahrnut i počet cyklů a nepřetržitý provoz) byl navrhnout pohon s cizím chlazením firmou EPO (viz. Příloha B). Touto firmou byl ke zvolenému motoru navrhnout i vhodný frekvenční měnič pro řízení motoru (viz. Příloha C).



Obr. 7.1 - Vybraný pohon [19]

7.2. LanoZadáno:

- Působící síla $F_{\max_exp} = 1780N$
- Počet ložisek $n_L = 2$
- Účinnost ložisek $\mu_L = 0,96$
- Počet kladek $n_K = 5$
- Účinnost kladek $\mu_K = 0,85$
- Koeficient bezpečnosti $k_{bL} = 2$
- Průměr navíjecího bubnu $D_b = 200mm$
- Šířka dveří $l_{1250} = 1250mm$
- Úhel mezi lanem a dveřmi $\alpha = 45^\circ$ (viz Obr. 6.4)
- Vzdálenost buben/panty $l_p = 400mm$ (viz Obr. 6.4)
- Vzdálenost zadní kladky od dveří $l_{zk} = 400mm$
- Potřebná délka navinutí $l_n = 2192mm$
- Minimální počet závitů lana na bubnu $z_{min} = 2$
- Prodloužení na průměrech kladek $\Delta l_{pk} = 5\%$

Vypočteno:

- Celková účinnost lanového vedení (7.2.1)

$$\mu_c = \frac{1 - (\mu_L^{n_L} \cdot \mu_K^{n_K})}{i_L \cdot (1 - \mu_L) + i_K \cdot (1 - \mu_K)} =$$

$$= \frac{1 - (0,96^2 \cdot 0,85^5)}{0,96 \cdot (1 - 0,96) + 0,85 \cdot (1 - 0,85)} = 0,712 \quad (7.2.1)$$

- Pevnost lana (7.2.2)

$$P_l = \frac{F_{\max_exp} \cdot k_b}{\mu_c} = \frac{1768 \cdot 2,5}{0,852} = 5,19kN \quad (7.2.2)$$

- Délka lana – přední strana (7.2.3)

$$l_{před} = (l_n + l_{1250}) \cdot (1 + \Delta l_{pk}) + z_{min} \cdot \pi \cdot D_b$$

$$= (2192 + 1250) \cdot (1 + 0,05) + 2 \cdot \pi \cdot 200 = \mathbf{4871mm} \quad (7.2.3)$$

- Počet závitů na bubnu (7.2.4)

$$z_b = \frac{l_n}{D_b \cdot \pi} + z_{min} = \frac{2,192}{0,2 \cdot \pi} + 2 = \mathbf{5,5 \text{ závitů}} \quad (7.2.4)$$

- Délka lana - zadní strana (7.2.5)


$$l_{zad} = (2 \cdot l_{zk} + l_{1250}) \cdot (1 + \Delta l_{pk}) + z_b \cdot \pi \cdot D_b$$

$$= (2 \cdot 400 + 1250) \cdot (1 + 0,05) + 5,5 \cdot \pi \cdot 200 = \mathbf{5601mm} \quad (7.2.5)$$

- Celková délka lana (7.2.6)

$$l_l = l_{před} + l_{zad} = 4871 + 5601 = \mathbf{10\,472mm} \quad (7.2.6)$$

Výběr lana:

(6x7+FC) v PVC		Kód Art. No.	lano Ø rope Ø mm	pevn. v tahu 1770MPa tensile str. 1770 MPa mez pevnosti kN	pracovní nosnost WLL kg	kg 100m	návin m reel m A	návin m reel m B
		3495.012	1,2/1,6	0,870	20	0,6	200	2 000
		3495.023	2/3	2,350	60	2,0	100	2 000
		3495.034	3/4	5,790	150	4,0	100	2 000
		3495.045	4/5	9,340	240	6,5	100	2 000
		3495.056	5/6	14,600	380	10,5	100	1 000
		3495.068	6/8	23,170	590	16,0	50	1 000

Obr. 7.2 - Ocelové lano [14]

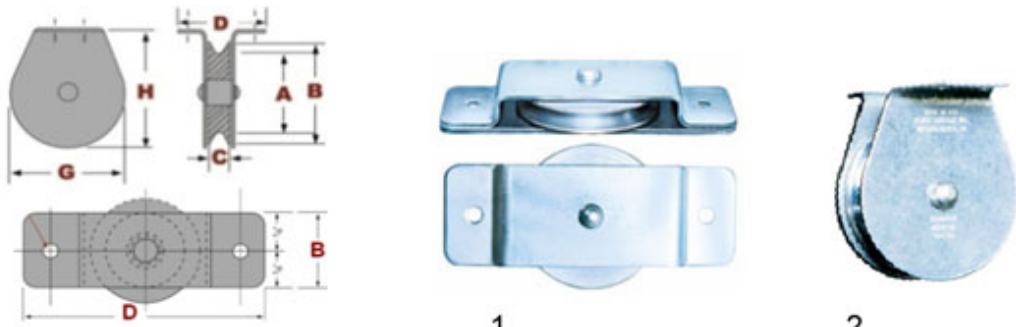
Z důvodu velikosti kladky (viz níže) je voleno ocelové lano v PVC obalu (Obr. 7.2) o celkovém průměru **6mm** a pevnosti **14,6kN**.

Kontrola lana:(7.2.7)

$$F_{dov} = \frac{P_{tah}}{k_{bl}} = \frac{14,6}{2} = \mathbf{7,3kN} \quad (7.2.7)$$

$F_{dov} > F_{max_exp}$ – **Lano vyhovuje**

Vybraná kladka:



Kladka k upevnění na plochu 2 / Flat mount block

Kód Art. No.	Iano rope mm	D mm	B mm	G mm	plech mm	nosnost WLL kg	kg/100ks kg/100pcs	ks/balení pcs/pack
3650-05	6-8	51	51	54	1,5	270	25,0	1 / 60
3650-06	6-8	51	76	79	2	360	52,0	1 / 30
3650-07	8-10	90	89	95	2,5	700	113,0	1 / 15
3650-08	8-10	90	102	108	3	770	154,0	1 / 10

Kladka k upevnění na plochu 1 / Deck mount block

3649-05	6-8	127	45		1,5	270	28,0	1 / 60
3649-06	6-8	127	45		2	360	57,0	1 / 30

Obr. 7.3 - Vybraná kladka – průměr klady 75mm [18]

7.3. Zdvih pístů

Zdvih pístů pro zmáčknutí kliky a panikové hrazdy je určen experimentálně z modelu. Pro kliku je to 250mm a pro panikovou hrazdu 100mm. Výpočtem se určí pouze zdvih pístu pro zamknutí na jeden západ (postačí 270° - zjištěno experimentálně).

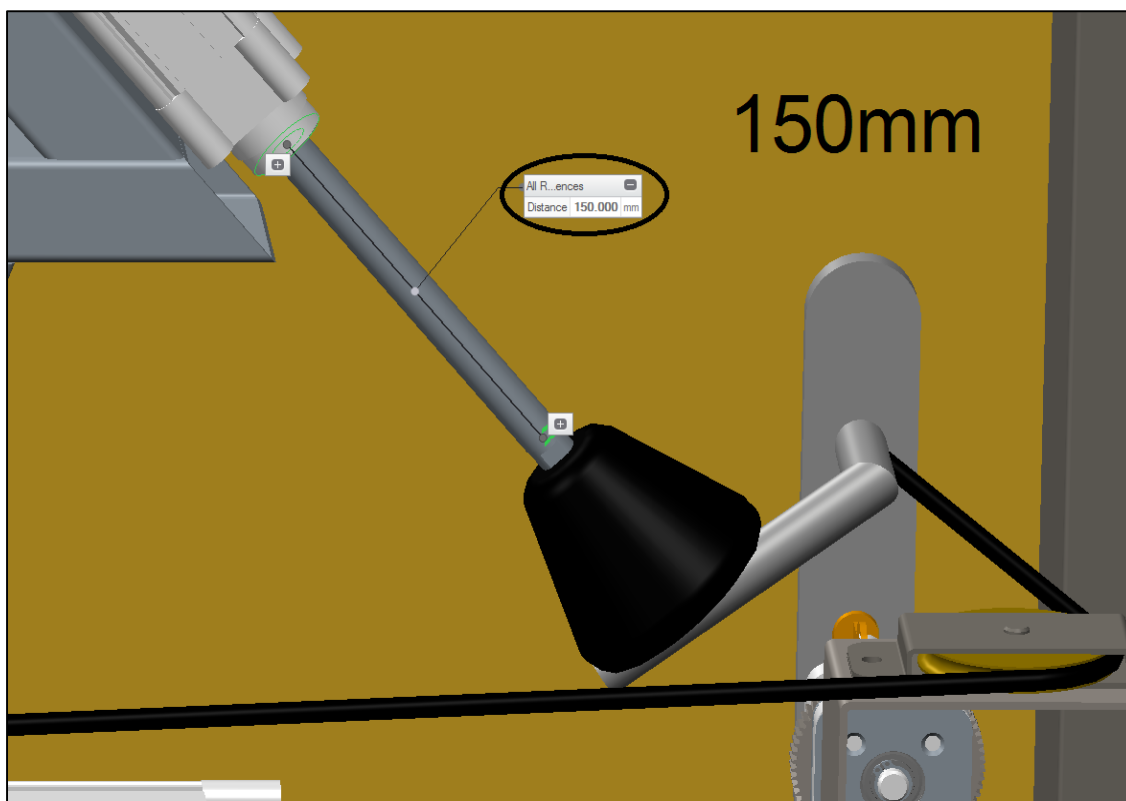
Zadáno:

- Průměr základná kružnice pastorku $d_0 = 72\text{mm}$ (příloha E)
- Počet otočení pastorku $n_o = 0,75$

Vypočteno:

- Minimální zdvih pístu (7.3.1)

$$z = d_0 \cdot \pi \cdot n_o = 72 \cdot \pi \cdot 0,75 = \mathbf{170\text{mm}} \quad (7.3.1)$$



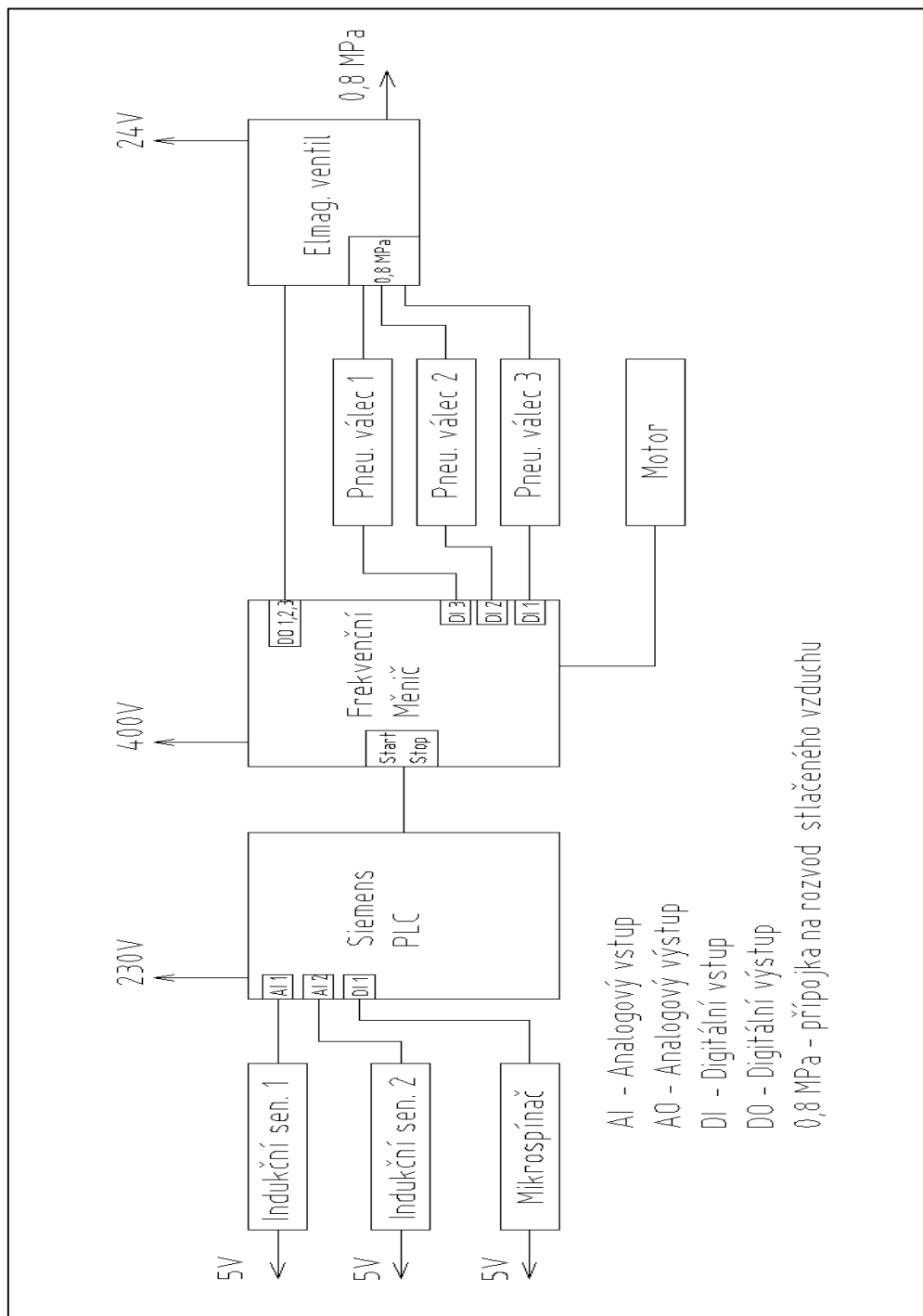
Obr. 7.4 - Zdvih pístu pro zmáčknutí kliky

Zdvih pístu pro uzamykání dveří je **170mm**, pro zmáčknutí kliky **150mm**. Poslední píst je pro zmáčknutí panikové hrazdy. Při experimentálním měření síly potřebné pro zmáčknutí panikové hrazdy bylo zjištěno, že potřebná dráha pro zmáčknutí hrazdy je cca 80mm. Z této vzdálenosti byl navrhnout i zdvih pístu pro zmáčknutí. Píst bude umístěn posuvně, podobně jako kladky, a bude mít ještě minimálně 20mm vůli v zasunuté poloze mezi koncem pístu a dveřmi. Zdvih tohoto pístu tedy bude minimálně **100mm**. Budou použity písty firmy Festo se senzory v koncových polohách (viz. Příloha I). Zároveň firma Festo navrhne i vhodné řídicí prvky těchto pístů.



Obr. 7.5 - Pneumatický válec Festo [8]

8. Schéma zapojení elektroniky



Obr. 8.1 - Schéma zapojení elektroniky

Na analogové a digitální vstupy PLC Siemens jsou připojeny indukční senzory a mikrospínač. PLC je propojeno s frekvenčním měničem ovládajícím motor. Na ten je připojen asynchronní motor a také koncové senzory pneumatických válců přes digitální vstupy a digitálními výstupy je ovládán elektromagnetický ventil, který řídí pneumatické válce.

9. Ekonomické zhodnocení

		Název	Množství	Cena za kus	Celková cena
Výroba	1	Rámy (hlavní, motoru, pneu. prvků)	1	10 400 Kč	10 400 Kč
	2	Navíjecí buben	1	8 000 Kč	8 000 Kč
	3	Zamykací mechanismus	1	3 000 Kč	3 000 Kč
	4	Přídavné plechy	1	500 Kč	500 Kč
Nákup	1	Motor	1	20 000 Kč	20 000 Kč
	2	Frekvenční měnič	1	7 500 Kč	7 500 Kč
	3	Pneumatický válec	3	1 650 Kč	4 950 Kč
	4	Elektromagnetický rozvaděč	1	2 500 Kč	2 500 Kč
	5	Indukční senzor	2	328 Kč	656 Kč
	6	Mikrospínač	1	35 Kč	35 Kč
	7	Kladka	5	261 Kč	1 305 Kč
	8	Lano	10	23 Kč	230 Kč
	9	Ložisko 6007_2RS1	2	248 Kč	496 Kč
	10	Ložisko 63001_2RS1	2	204 Kč	408 Kč
	11	Spojovací materiál	-	-	500 Kč
		Rezerva na nepředpokládané výdaje	-	-	5 000 Kč
		Celková cena zařízení			65 480 Kč

Tab. 9.1 - Ekonomické zhodnocení navrženého zařízení

Cena provozu elektromotoru a pneumatických válců je odvozena z předchozích výpočtů a je počítáno s plným odběrem motoru po celou dobu cyklu, s využitím 80% na cyklus. Pneumatické válce jsou počítány s využitím 20% na cyklus (*kapitola 3.5*). Spotřeba ostatní elektroniky je odhadnuta na maximálně 200W.

- Měsíční cena provozu elektromotoru 3900,- Kč
- Měsíční cena provozu pneumatických válců 500,- Kč
- Cena provozu ostatní elektroniky 650,- Kč

Celková cena měsíčního provozu je asi 5050,- Kč (při sazbě 4,5 Kč / kWh)

10. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout zařízení pro testování cyklického otevírání dveří pro firmu Vipax a.s., která stanovila i požadavky na testovací zařízení.

V úvodu je provedena analýza výrobků Vipax a.s. a je zjištěno, jaké typy dveří se mají testovat. Dále je uskutečněn průzkum současných testovacích zařízení. Je velice obtížné zjistit konstrukční provedení a detailnější popis těchto zařízení, protože jde o ojedinělé a také jednorázové konstrukce, ke kterým většinou nejsou dostupné informace a dokumentace. Důvodem je, že si testovací instituty informace tohoto druhu chrání.

Dále jsou specifikovány požadavky na zařízení provádějící cyklické testování. Jak už bylo řečeno, požadavky stanovila firma Vipax a.s. Z požadavků je vypsána stručná a přehledná osnova. Následně jsou vypracovány čtyři konstrukční varianty řešení na danou problematiku a první dvě mají ještě modifikace s elektromotorem nebo kyvným pneumotorem. Všechny navržené varianty jsou si podobné v konstrukci rámu. Liší se ale ve způsobu, jakým je otvíráno dveřní křídlo. U první varianty je to rameno s volným kloubem, kdy je zapotřebí většího krouticího momentu než u varianty druhé. Druhá varianta má totiž pevné rameno a je vybavena lineárním vedením pro kompenzaci při otáčení. U dalších dvou variant, tj. třetí a čtvrté, je pro otvírání a zavírání dveří využito lanových vedení. U třetí varianty jsou lana připevněna k pneumatickým válcům. U čtvrté varianty pak k navíjecímu bubnu, který je rozdělen na dvě části. Na jednu část se lano navíjí a z druhé se odvíjí. Pohon bubnu je realizován pomocí elektromotoru.

Následuje výběr optimální varianty pomocí hodnotové analýzy. Vstupní hodnoty na základě dostupných informací z variant řešení vyplnilo vedení firmy Vipax a.s. Jako hlavní kritéria byla zvolena pořizovací cena a cena provozu. Výsledkem hodnotové analýzy bylo zjištění, že se dále konstrukčně zpracuje varianta s lanovým vedením, kdy je využito bubnu a elektromotoru pro navinutí lana.

Optimální varianta byla navržena jako modulární konstrukce, kdy je možné rozebrat rám tak, že se může snadno uskladnit, když se zařízení nebude používat. Zároveň při vyměnění příček vznikne modifikace zařízení pro testování

dvoukřídlových dveří. Při standardním provedení (pro jednokřídlové dveře) je rozměr rámu (Š x V x H) 3,1m x 3,4m x 3,2m a váží zhruba 500kg. V práci je detailně popsána konstrukce testovacího zařízení od rámu, přes pohon až po lanové vedení a také princip cyklického testování. Dále je naznačeno, jak bude probíhat jeden cyklus a jak se bude řešit změna parametrů pro jinou šířku testovaných dveří.

Po popisu konstrukce je proveden výpočet síly potřebné k otevření dveří. Jelikož do návrhu vstupuje mnoho neznámých, které značně ovlivňují výpočet, bylo rozhodnuto, že se provede experimentální měření. Tato měření spočívala v tom, že se pomocí siloměru otevíraly dveře dodávané firmou Vipax a.s. Měření proběhla v Superpočítačovém centru Ostrava, v areálu Vipax a.s. a v Baťově institutu ve Zlíně. V posledním jmenovaném objektu byla provedena rozsáhlejší měření. Mimo otevírací síly se zde měřila i síla potřebná pro zastavení dveří, zmáčknutí kliky nebo zmáčknutí panikové hrazdy. Testované dveře vážily asi 180kg, rozměr křídla byl 1100x2500mm (Š x V) a dveře byly vybaveny samozavíracím zařízením. Po srovnání výpočtů a hodnot naměřených pomocí experimentu bylo rozhodnuto, že pro další výpočty se bude uvažovat s výsledky získanými měřením.

Při dalších výpočtech se stanovily potřebné parametry pro návrh pohonu, lana a pneumatických válců. Následně se provedl výběr těchto prvků.

V závěru práce je zpracováno schéma zapojení elektroniky a je vypracováno ekonomické zhodnocení. I přes mírné překročení požadovaných nákladů se po konzultaci s vedením firmy Vipax a.s. bude zařízení vyrábět na základě této diplomové práce.

Práce je doložena přílohami, výkresovou dokumentací a DVD diskem, který obsahuje diplomovou práci včetně všech výpočtů a také 3D modelu v Creo 2.0.

11. Použitá literatura

- [1] ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [2] ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [3] ČSN ISO 6090. *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [4] ČSN EN 14600. *Vrata, dveře a otevíravá okna s charakteristikami požární odolnosti a/nebo kouřotěsnosti – Požadavky a klasifikace*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 28 s.
- [5] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky : Pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. první vydání. Úvaly, Havlíčkova 92 : ALBRA, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [6] SKAŘUPA, Jiří. *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. [online] 1.vyd Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. [cit. 2013-11-07]. 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0. Dostupné z: www.robot.vsb.cz/file.php/kreativita-a-inovace.pdf
- [7] *VIPAX: Požární bezpečnost staveb* [online]. 2008. Dostupné z: www.vipax.cz
- [8] *Festo: Pneumatic & electric automation* [online]. 2002. Dostupné z: www.festo.com/net/startpage/
- [9] *Motorgear: Elektromotory-převodovky-servis* [online]. 2001. Dostupné z: www.motorgear.cz
- [10] *BMTrada: BM Trada testing* [online]. 2006. Dostupné z: www.chilternfire.co.uk
- [11] *Wintech: Building envelope testing* [online]. 2010. Dostupné z: www.wintechtesting.com
- [12] *E-konstrukter: Portál pro strojní konstruktéry* [online]. 2013. Dostupné z: www.e-konstrukter.cz
- [13] *Lutron: Lutron electronic enterprise* [online]. 2002. Dostupné z: www.lutron.com.tw
- [14] *AZ Steel Trading: Velkoobchod ocelových lan, řetězů a širokého příslušenství* [online]. 2002. Dostupné z: www.steeltrading.cz
- [15] *Snail instruments: SnailShop Electronic* [online]. 2009. Dostupné z: www.snailshop.cz
- [16] *Atmos: Atmos Chrást* [online]. 2009. Dostupné z: www.atmos-chrast.cz

- [17] ÚNMZ: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví [online]. 2014. Dostupné z: www.unmz.cz/urad/unmz
- [18] Metaltrade: ŘETĚZY, LANA, VÁZACÍ PROSTŘEDKY VÍCEOBOROVÝ SORTIMENT SPOJOVACÍHO KOVÁN [online]. 2008. Dostupné z: www.metal-trade.cz
- [19] EPO: Elektropohony [online]. 2014. Dostupné z: www.epo.cz

12. Seznam příloh

<u>Příloha A</u>	Souhlas s citací normy
<u>Příloha B</u>	Data k pohonu
<u>Příloha C</u>	Data k frekvenčnímu měniči
<u>Příloha D</u>	TEA Technik ozubené hřebeny
<u>Příloha E</u>	TEA Technik ozubená kola bez náboje
<u>Příloha F</u>	Kontrola hřídele na míjivý krut (Mitscalc)
<u>Příloha G</u>	Kontrola ložiska (Mitscalc)
<u>Příloha H</u>	Kontrola napětí a průhybu rámu (Creo 2.0)
<u>Příloha I</u>	Kontrola rámu při zavření dveří (Creo 2.0)
<u>Příloha J</u>	Průběh zrychlení a rychlosti dveří (Creo 2.0)
<u>Příloha K</u>	Data k válcům Festo (není součástí tištěné práce kvůli rozsahu)
<u>Příloha L</u>	Data k PLC Siemens (není součástí tištěné práce kvůli rozsahu)
<u>Příloha M</u>	Výrobní výkresy, sestavné výkresy
<u>Příloha N</u>	DVD "Diplomová práce - Mayer"

Obsah DVD: - model v Creo 2.0

- varianty řešení v Creo 2.0
- výpočty v Mathcad 14.0
- hodnotová analýza v MS Office Excel
- návod Creo Illustrate 3.0
- obrázky, tabulky, grafy
- zpráva diplomové práce ve formátu pdf
- přílohy A-M
- výpočty v Mitscalc

13. Seznam obrázků

Obr. 1.1 - Jednokřídový uzávěr ATD [7].....	14
Obr. 1.2 - Dvoukřídový uzávěr ATD [7]	14
Obr. 1.3 - Jednokřídlové dveře FRD III (PO i bez PO) [7].....	15
Obr. 1.4 - Dvoukřídlové dveře FRD III (PO i bez PO) [7]	16
Obr. 1.5 - Jednokřídlové dveře FRD IV (PO i bez PO) [7].....	17
Obr. 1.6 - Dvoukřídlové dveře a vrata FRD IV (PO i bez PO) [7]	17
Obr. 1.7- Jednokřídlové a dvoukřídlové dveře s vysokou požární odolností FRD HFR (High fire resistance) [7].....	18
Obr. 1.8 - Revizní dvířka se čtyřhranným zámekem a revizní dvířka typ T [7]	19
Obr. 1.9 - FRH poklop (zavřeno / otevřeno) [7]	19
Obr. 1.10 - Prosklené příčky (stěny) [7]	20
Obr. 1.11 - Samozavírač [7].....	26
Obr. 1.12 - Elektrický pohon [8].....	27
Obr. 1.13 - Pneumatický pohon [9].....	27
Obr. 1.14 - Kyvný a rotační pneumatický pohon [9]	28
Obr. 1.15 - Cylická vložka [7]	28
Obr. 1.16 - Paniková hrazda [7].....	28
Obr. 1.17 - Testovací zařízení s ramenem [10].....	29
Obr. 1.18 - Testovací zařízení posuvných dveří [10].....	29
Obr. 1.19 - Testovací zařízení s kladkami [11].....	29
Obr. 3.1 - Konstrukce varianty 1E a 1P	32
Obr. 3.2 – Rameno varianty 1P a 1E.....	34

Obr. 3.3 - Konstrukce varianty 2E a 2P	35
Obr. 3.4 - Rameno varianty 1P a 1E (vyznačeno lineární vedení)	35
Obr. 3.5 - Konstrukce varianty 3	36
Obr. 3.6 - Konstrukce varianty 4	37
Obr. 3.7 - Kompresor Atmos Albert E50 ve firmě Vipax a.s. [16]	39
Obr. 4.1 - Optimální varianta	48
Obr. 5.1 - Konstrukční řešení optimální varianty	49
Obr. 5.2 - Modifikace pro testování jednokřídlových dveří	50
Obr. 5.3 - Modifikace pro testování dvoukřídlových dveří (zobrazeny jednokřídlové dveře)	50
Obr. 5.4 - Hlavní rám	51
Obr. 5.5 - Spojení levé části rámu a horní příčky + posuvný sloupek (horní část)	52
Obr. 5.6 - Spojení levé části rámu a spodní příčky + posuvný sloupek (spodní část)	52
Obr. 5.7 - Spojení pravé části rámu a horní příčky	53
Obr. 5.8 - Spojení pravé části rámu a spodní příčky	53
Obr. 5.9 - Rám pneumatických prvků	54
Obr. 5.10 - Posuvný rám pneumatických prvků	55
Obr. 5.11 - Zamykací mechanismus	56
Obr. 5.12 - Zamykací mechanismus – řez a popis	56
Obr. 5.13 - Rám motoru	57
Obr. 5.14 - Navíjecí buben	58
Obr. 5.15 - Navíjecí buben – řez a popis	58
Obr. 5.16 - Uchycení pevné kladky	59
Obr. 5.17 - Uchycení volné kladky	59

Obr. 5.18 - Rozmístění senzorů.....	60
Obr. 5.19 - Umístění senzoru 1	60
Obr. 5.20 - Umístění senzoru 2	61
Obr. 5.21 - Umístění senzoru 3	61
Obr. 5.22 - Popis cyklu 1	62
Obr. 5.23 - Vedení lana.....	63
Obr. 5.24 - Zmáčknutí kliky.....	63
Obr. 5.25 - Otevření o 90°.....	64
Obr. 5.26 - Otevření o 110°.....	64
Obr. 5.27 - Zamykání - odemknutá poloha.....	65
Obr. 5.28 - Zamykání - zamknutá poloha	65
Obr. 5.29 - Poloha kladek a posuvného rámu u dveří 1250mm.....	66
Obr. 5.30 - Poloha kladek a posuvného rámu u dveří 800mm.....	66
Obr. 6.1 - Pohled na svěšený pant z hora.....	68
Obr. 6.2 - Pohled na svěšený pant ze předu	68
Obr. 6.3 - Svěšení dveří (Přehnané měřítko. Ve skutečnosti téměř nepozorovatelné).....	68
Obr. 6.4 - Schéma rozmístění dveří a pohonu.....	69
Obr. 6.5- Siloměr Lutron [13]	71
Obr. 6.6 - Působení síly při měření	71
Obr. 6.7 - Dveře použité k měření ve firmě Vipax a.s.	72
Obr. 6.8 - Dveře použité k měření SPC	73
Obr. 6.9 - SPC Ostrava.....	73
Obr. 6.10 - Fotky z měření SPC Ostrava	74

Obr. 6.11 - 14 15 Baťův institut 1	75
Obr. 6.12 - 14 15 Baťův institut 2	76
Obr. 6.13 - Fotka z měření 14 15 Baťův institut (1NP)	77
Obr. 6.14 - Fotka z měření 14 15 Baťův institut (2NP)	77
Obr. 6.15 - Fotka z měření 14 15 Baťův institut paniková hrazda v přízemí	77
Obr. 7.1 - Vybraný pohon [19].....	80
Obr. 7.2 - Ocelové lano [14]	82
Obr. 7.3 - Vybraná kladka – průměr kladky 75mm [18].....	83
Obr. 7.4 - Zdvih pístu pro zmáčknutí kliky.....	84
Obr. 7.5 - Pneumatický válec Festo [8].....	84
Obr. 8.1 - Schéma zapojení elektroniky.....	85

14. Seznam tabulek

Tab. 4.1 – Hodnocení variant.....	42
Tab. 4.2 – Bodové hodnocení	42
Tab. 4.3 - Hlediska posuzování.....	42
Tab. 4.4 - Zjištění váhy významnosti jednotlivých hledisek.....	43
Tab. 4.5 - Hodnoty XY	44
Tab. 4.6 - Směrový a normálový vektor	44
Tab. 4.7 – Hodnocení varianty 1E	45
Tab. 4.8 - Hodnocení varianty 1P	45
Tab. 4.9 - Hodnocení varianty 2E	46

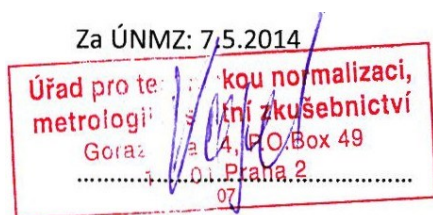
Tab. 4.10 - Hodnocení varianty 2P	46
Tab. 4.11 - Hodnocení varianty 3.....	46
Tab. 4.12 - Hodnocení varianty 4.....	47
Tab. 4.13 - Vážené indexy všech variant	47
Tab. 6.1 - Volba součinitele tření f_{tt} (ocel – teflon) a f_{tb} (ocel – bronz) [12]	67
Tab. 6.2 – Volba Koeficientu vláknového tření [5]	69
Tab. 6.3 - Naměřené hodnoty Vipax a.s.....	72
Tab. 6.4 - Naměřené hodnoty SPC Ostrava	73
Obr. 6.5 - Naměřené hodnoty 14 15 Baťův institut 1NP.....	75
Obr. 6.6 - Naměřené hodnoty 14 15 Baťův institut 2NP.....	76
Obr. 6.7 - Naměřené hodnoty paniková hrazda	76
Tab. 9.1 - Ekonomické zhodnocení navrženého zařízení.....	86

15.Seznam grafů

Graf 4.2.1 - Přímka volby významnosti	44
Graf 4.4.1 - Vážené indexy v %.....	47

Příloha A - Souhlas s citací normy

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), uděluje tímto Petru Mayerovi souhlas s použitím částí ČSN v diplomové práci "*Návrh pracoviště pro testování cyklického otevírání dveří*", a to za podmínky dodržení informace o zdroji citace.



Bc. Patrik Vogel

Příloha B - Data k pohonu



Date: 5/5/2014

Datasheet n. 46128

www.varvel.com

Input data

System of measurement		Metric
Input type		Gear motor
Input speed	[rpm]	1400
Output speed	[rpm]	58.85
Ratio (i=)		23.87
Frequency	[Hz]	50
Input options		IEC
Requested input power	[kW]	1.5
Service factor		2.1
Thermal power	[kW]	3.22

Output data

Gear unit M TA 80/85 B3 10 23.87 90 B14 AC 35 MT 1.5 kW 90 L4 B14 X1

Type		TA - Worm speed reducers
Input type		M
Size		80/85
Ratio (i=)		23.87
Gearbox ratio		7.00
Pre-stage ratio		3.41
Input flange		B14
Input speed	[rpm]	1400
Output speed	[rpm]	58.85
Rated output torque	[Nm]	200.28
Service Factor		2.1
Efficiency		0.82
Inertia moment	[kgm ²]	0.000413

Gear unit configuration

Output shaft		Hollow output shaft
Fixing		Universal
Version		B3
Attachment position		10

Output radial and axial loads

Ball bearings output radial load	[N]	5150
Taper bearings output radial load	[N]	6750
Ball bearings output axial load	[N]	1030
Taper bearings output axial load	[N]	1350

Accessories

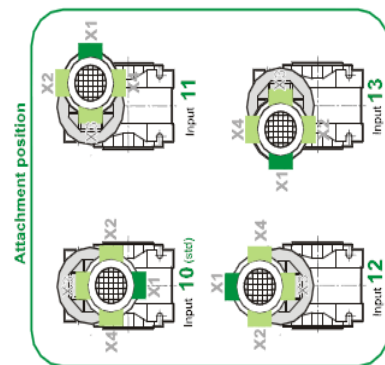
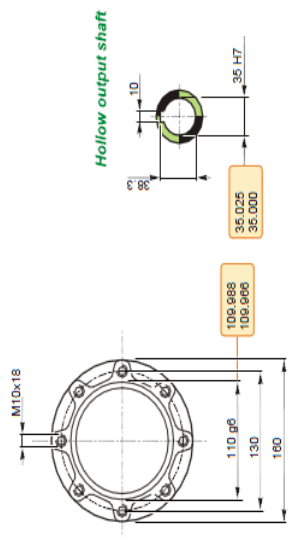
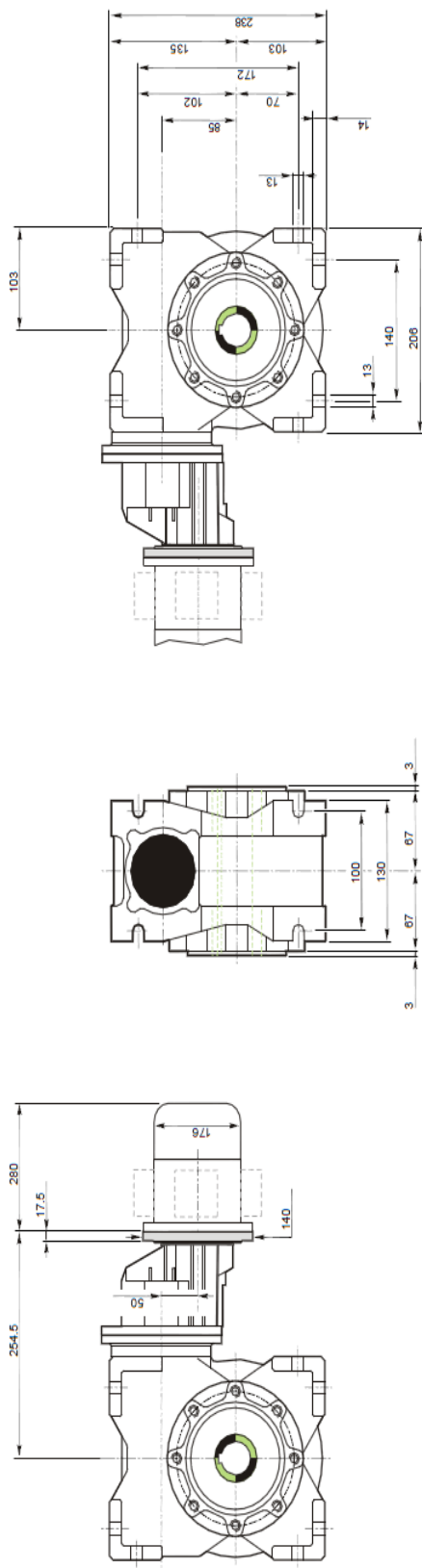
Hollow output shaft		AC 35
---------------------	--	-------

Electric motor

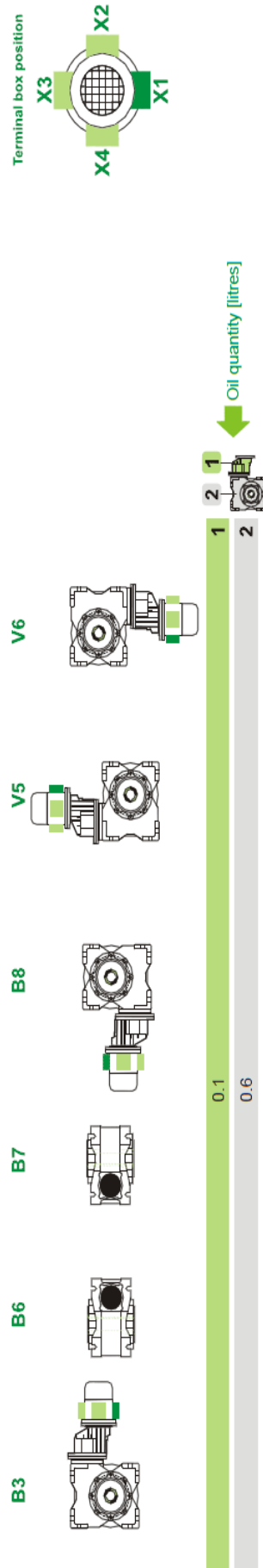
Size		90 L4
Poles		4
Power	[kW]	1.5

Electric motor configuration

Motor flange		B14
Terminal box position		X1

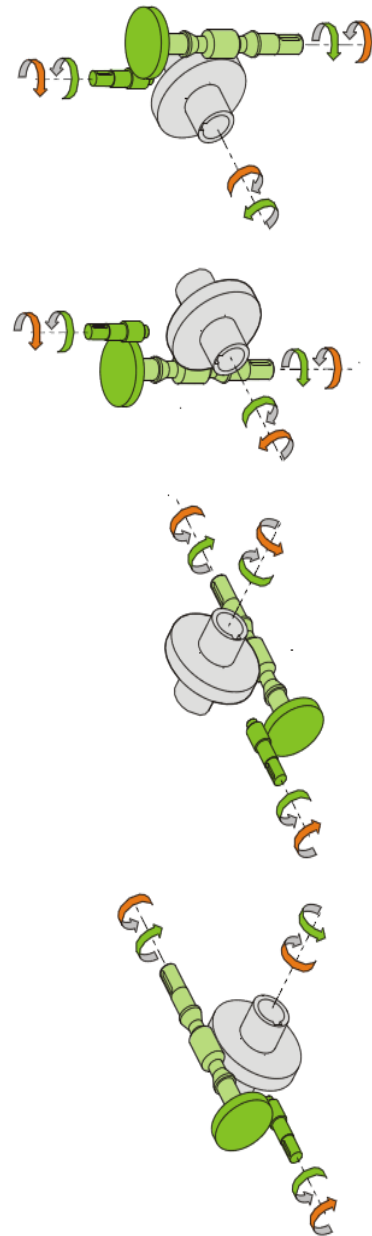


Mounting positions



Lubricant type: Long life synthetic oil ISO VG320

Direction of rotation



Weight

Gear unit [kg]	17.5
Electric motor [kg]	13.5

Gearing data

Axial module	4.7
Number of starts	4
Lead angle	26° 05'
Pressure angle	20°

Backdriving

Static back-driving	
Quick back-driving	
Dynamic back-driving	

Příloha C - Data k frekvenčnímu měniči

ELEKTROPOHONY

spol. s r.o.

YASKAWA V1000

Měnič kmitočtu všeobecného použití s vektorovým řízením



YASKAWA

EPO

■ Dvojí rozsah výkonů podle zatížení

Velké zatížení (150%/1 min) / Normální zatížení (120%/1 min)

- síť 1 x 230 V: 0,1 - 4,0 kW/0,18 - 5,5 kW
- síť 3 x 200 V: 0,1 - 15 kW/0,18 - 18,5 kW
- síť 3 x 400 V: 0,2 - 15 kW/0,37 - 18,5 kW

■ Řízení asynchronních i synchronních (PM) motorů

■ 3 programově volitelné způsoby řízení

- skalární řízení U/f
- vektorové řízení bezpětné otáčkové vazby
- vektorové řízení pro synchronní PM motory

■ Vysoký záběrný moment (200% / 0,5 Hz)

■ Autotuning + On-line tuning prováděný za chodu pro optimální řízení motoru (PATENTOVÁNO)

■ Nízká hloučinnost motoru při nízké modulační frekvenci (PATENTOVÁNO)

■ Navrženo pro dlouhodobou životnost (10 let / 24h denně / 80 % zátěž / 40°C)

■ Bezšroubové ovládací svorky

■ Odměnitelná ovládací svorkovnice s pamětí parametrů (PATENTOVÁNO)

■ Možství doplňků:

- základní zdroj 24VDC pro napájení ovládacích obvodů
- USB převodník s funkcí kopírování jednotky

■ Doplňkové komunikační karty:

(Profibus-DP, CanOpen, DeviceNet, EtherCAT, PROFINET, Ethernet/IP, Modbus TCP/IP, CC-link, MECHATROLINK-2)

■ Aplikační parametr - přepínání továrního přednastavení podle typu aplikace

■ Integrované bezpečnostní vstupy

- bezpečnostní kategorie 3, PLd (dle ČSN EN ISO 13849-1), SIL2 (dle IEC 61508)
- kategorie zastavení 0 (dle ČSN EN 60204-1)

■ Rozhraní RS485/422 jako standard

■ Vypnutí při nadproudu až 200% In (HD)

■ Brzdový tranzistor jako standard

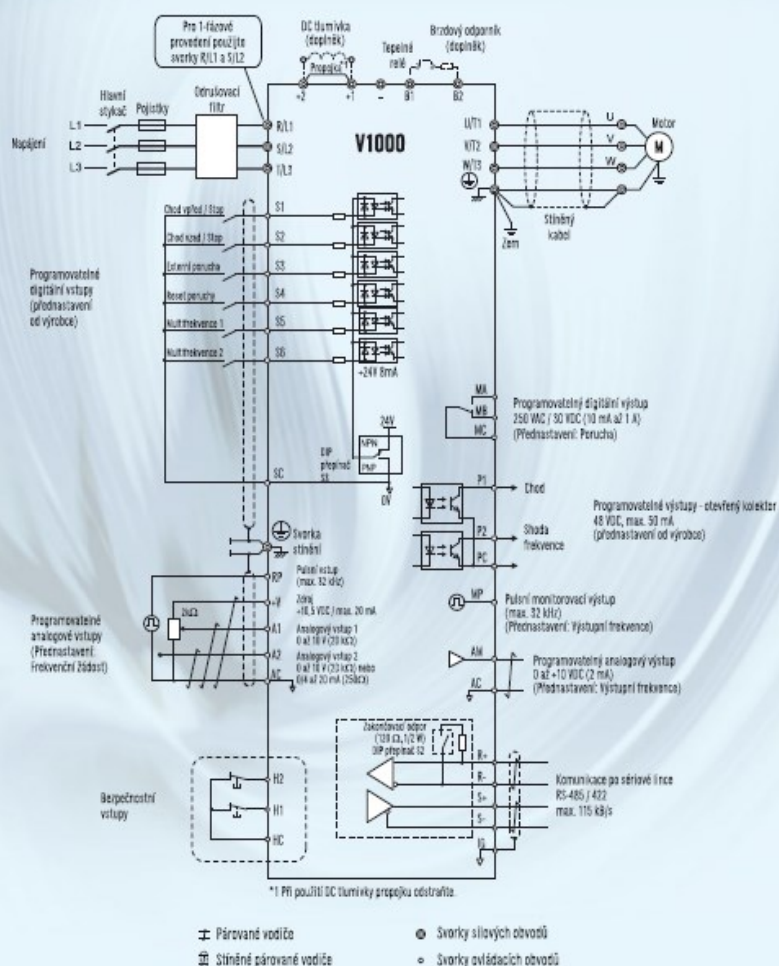
■ Možnost jednoduché otáčkové vazby (pouze U/f řízení)

■ Integrovaný procesní PID regulátor

■ Jednotná koncepce značení parametrů v měničích Yaskawa

■ Možnost vytváření speciálních funkcí pomocí funkčních bloků (Drive Works EZ)

SCHÉMA ZAPOJENÍ MĚNIČE V1000



ZÁKLADNÍ SPECIFIKACE TŘÍDY 200V

Síť			1 x 230 V / 3 x 200 V											
Typ CIMR-VC□□□□□□		Výkonové značení	3x200 V	20P1	20P2	20P4	20P7	21P5	22P2	24P0	25P5	27P5	2011	2015
			1x230 V	B0P1	B0P2	B0P4	B0P7	B1P5	B2P2	B4P0	-	-	-	-
		Proudové značení	3x200 V	0001	0002	0004	0006	0010	0012	0020	0030	0040	0056	0069
			1x230 V	0001	0002	0004	0006	0010	0012	0018	-	-	-	-
Výstup	Max. výkon motoru ^{*4} (kW)		HD ^{*2}	0,12	0,25	0,55	0,75	1,5	2,2	4,0	5,5	7,5	11	15
			ND ^{*3}	0,18	0,37	0,75	1,1	2,2	3,0	5,5	7,5	11	15	18,5
	Zašitý výkon ^{*4} (kW)		HD	0,3	0,6	1,1	1,9	3,0	4,2	6,7	9,5	12,6	17,9	22,9
			ND	0,5	0,7	1,3	2,3	3,7	4,6	7,5	11,4	15,2	21,3	26,3
	Jmenovitý proud (A)		HD	0,8 ^{*5}	1,6 ^{*5}	3,0 ^{*5}	5,0 ^{*5}	8,0 ^{*6}	11,0 ^{*6}	17,5 ^{*6}	25,0 ^{*6}	33,0 ^{*6}	47,0 ^{*6}	60,0 ^{*6}
			ND ^{*7}	1,2	1,9	3,3	6,0	9,6	12,0	19,6	30,0	40,0	56,0	69,0
	Max. výstupní napětí (V)		3 x (U-240 V) dle vstupního napětí											
	Max. výstupní frekvence (Hz)		400 Hz											
Napájení	Napětí sítě		1-fázové napájení: 1 x 200-240 V, +10%/-15% 3-fázové napájení: 3 x 200-240 V, +10%/-15%											
	Frekvence sítě		50/60 Hz, ±5%											

ZÁKLADNÍ SPECIFIKACE TŘÍDY 400V

Síť			3 x 400 V												
Typ CIMR-VC4□□□□		Výkonové značení	40P2	40P4	40P7	41P5	42P2	43P0	44P0	45P5	47P5	4011	4015		
		Proudové značení	0001	0002	0004	0005	0007	0009	0011	0018	0023	0031	0038		
Výstup	Max. výkon motoru ^{*4} (kW)		HD ^{*2}	0,25	0,55	0,75	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11	15	
			ND ^{*3}	0,37	0,75	1,5	2,2	3,0	3,7	5,5	7,5	11	15	18,5	
	Zašitý výkon ^{*4} (kW)		HD	0,9	1,4	2,6	3,7	4,2	5,5	7,0	11,3	13,7	18,3	23,6	
			ND	0,9	1,6	3,1	4,1	5,3	6,7	8,5	13,3	17,5	23,6	29,0	
	Jmenovitý proud (A)		HD ^{*6}	1,2	1,8	3,4	4,8	5,5	7,2	9,2	14,8	18,0	24,0	31,0	
			ND ^{*7}	1,2	2,1	4,1	5,4	6,9	8,8	11,1	17,5	23,0	31,0	38,0	
	Max. výstupní napětí (V)			3 x (0-380 V) dle vstupního napětí											
	Max. výstupní frekvence (Hz)			400 Hz											
Napájení	Napětí sítě		3 x 380-480V, +10%/-15%												
	Frekvence sítě		50/60 Hz, ±5%												

*4 Výkony motoru odpovídají standardním 4-pólovým motorům.

*2 Velké zatížení

*3 Normální zatížení

*4 Jmenovitý výkon počítá s jmenovitým výstupním napětím 220V (třída 200V) a s výstupním napětím 440V (třída 400V).

*5 Hodnoty odpovídají modulační frekvenci 10kHz. Zvýšení modulační frekvence vyžaduje snížení hodnoty jmenovitého proudu.

*6 Hodnoty odpovídají modulační frekvenci 8kHz. Zvýšení modulační frekvence vyžaduje snížení hodnoty jmenovitého proudu.

*7 Hodnoty odpovídají modulační frekvenci 2kHz. Zvýšení modulační frekvence vyžaduje snížení hodnoty jmenovitého proudu.

OBECNÁ TECHNICKÁ DATA

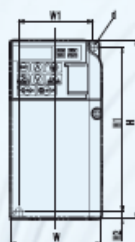
Řízení	Způsob modulace	Sinusová pulsní šířková modulace (volitelné U/F řízení, vektorové řízení, vektorové řízení PM motorů)
	Rozsah výstupní frekvence	0,01 - 400 Hz
	Přesnost frekvence	Digitální žádost: $\pm 0,01\%$ z max. frekvence (-10 až +50°C) Analogová žádost: $\pm 0,1\%$ z max. frekvence (25 ± 10°C)
	Rozlišení frekvencí žádosti	Digitální žádost: 0,01 Hz Analogová žádost: 1 / 1000 z maximální výstupní frekvence
	Rozlišení výstupní frekvence	0,01 Hz
	Přetížitelnost	Velké zatížení (HD): 150% jmenovitého výstupního proudu po dobu 1 min Normální zatížení (ND): 120% jmenovitého výstupního proudu po dobu 1 min
	Signály pro zadávání frekvence	0 až 10 V (20 kΩ), 4 až 20 mA (250 Ω), 0 až 20 mA (250 Ω), pulsní vstup (max. 32 kHz), digitální ovládací
	Rampy	4x 0,0 až 6000,0 s (rozběh a doběh nezávisle nastavitelný)
	Brzdící moment	Krátkodobě: přes 150% pro motory 0,1/0,2 kW, přes 100% pro motory 0,4/0,75 kW, přes 50% pro motory 1,5 kW, a přes 20% pro motory 2,2 kW a vyšší. Trvale: cca 20% (až 12% s použitím vnějšího brzdícího odporu: zatěžovatel 10%/10s)
	U/F křivky	Možnost naprogramovat libovolnou U/F křivku
Ochrany	Ochrana motoru proti přetížení	Elektronická tepelná ochrana: PTC termistor
	Okamžitý nadproud	Okamžitá výpruha při nadproudu 200 % I_N (HD)
	Přetížení	Velké zatížení: výpruha po 1 min při 150 % I_N Normální zatížení: výpruha po 1 min při 120 % I_N
	Přepětí	Výpruha při překročení 410 V (napájení 3x230 V) nebo 820 V (napájení 3x400 V) v mezizobodu
	Podpětí	Výpruha při poklesu pod 190 V (3x230 V); 380 V (3x400 V); cca 160 V (napájení 3x230 V) v mezizobodu
	Krátkodobý výpadek napájení	3 možnosti: výpruha při výpadku napájení delším než 15 ms, restart při výpadku do 2s, restart po obnovení napájení
	Přehřátí chladiče	Elektronická tepelná ochrana
	Ochrana proti výpruhám (I limit)	Možnost volby různých úrovní pro rozběh, chod i doběh.
	Zemní zkrat	Elektronická ochrana
	Indikace napětí v mezizobodu	LED CHARGE svítí dokud napětí v mezizobodu neklesne pod 50 V
Dálkové řízení	Bezpečnost	2 bezpečnostní digitální vstupy (ČSN EN ISO 13849-1, kat. 3, PLd; ČSN EN 61204-1, kat. 0 a IEC 61508 SIL2)
	Bezpečnost	6 programovatelných vstupů
	Digitální výstupy	1 programovatelné přepínací relé, 2 programovatelné otevřené kolektory
	Analogové výstupy	2 programovatelné analogové výstupy 0 - 10 V, 4 - 20 mA, 0 - 20 mA
	Indikace	Displej digitálního ovládacího (5 znaků, 7-segm. LED) (programování, ovládání, monitorování)
Provozní prostředí	Krytí	IP20, NEMA 1, IP66
	Teplota okolí	-10 až +50°C
	Chlazení	VCBA0010 + 0018, VCBA0006 + 0069, VCBA0015 + 0038 - ventilátor. Ostatní bez ventilátoru.
	Relativní vlhkost	Max. 95 % (nekondenzující)
	Skladovací teplota	-20 až +60°C (krátkodobě pro přepravu)
	Pracovní prostory	Vnitřní bez prachu a korozivních plynů a par
	Nadmořská výška	Do 1000 m n.m. (nad 1000 m n.m. snížení I_N o 1%/100m; max. 3000 m n.m.)
	Vibrace	TG do 20 Hz, 0,56G pro 20 - 55 Hz

TYPOVÁ LEGENDA

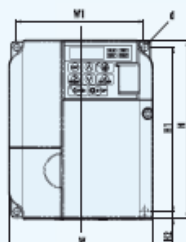
Měnič	CIMR	Verze: A - první
Rada V1000	VC	Povrchová úprava:
Region kód:	B	A - standard
U - USA	A	M - zvýšená odolnost proti vlhkosti a prachu
C - Evropa	0001	N - zvýšená odolnost proti oleji
A - Japonsko	B	S - zvýšená odolnost proti vibracím
Napětí sítě	A	Krytí, chladič, filtr: B - IP20 bez horního krytu,
B - 1 x 230 V, 2 - 3 x 200 V, 4 - 3 x 400 V		F - NEMA1 (IP20), J - bez chladiče, H - IP66 + filtr
A - Standardní provedení		Proudové značení:
		0001 - 1A (hodnoty ND, viz tab. Základní specifikace třídy)

ROZMĚRY:

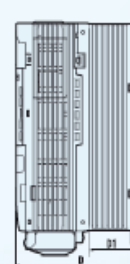
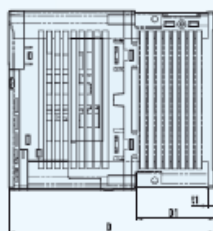
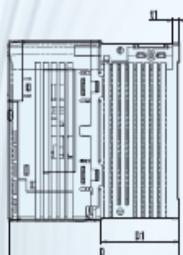
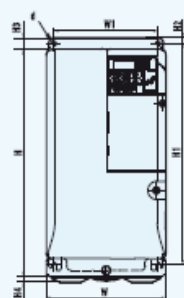
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Sít	Typ CIMR-V□□	Výkon [kW]		W	H	D	W1	H1	H2	H3	H4	D1	t1	d	m [kg]	Obr.
		HD	ND													
1 x 230V	BA0001B	0,12	0,18	68	128	76	56	118	5	-	-	6,5	3	M4	0,6	1
	BA0002B	0,25	0,37	68	128	76	56	118	5	-	-	6,5	3	M4	0,7	
	BA0003B	0,55	0,75	68	128	118	56	118	5	-	-	38,5	5	M4	1,0	
	BA0006B	0,75	1,1	108	128	138	96	118	5	-	-	58	5	M4	1,7	2
	BA0010B	1,5	2,2	108	128	154	96	118	5	-	-	58	5	M4	1,8	
	BA0012B	2,2	3,0	140	128	163	128	118	5	-	-	65	5	M4	2,4	
	BA0018B	4,0	5,5	170	128	180	158	118	5	-	-	65	5	M4	3,0	
3 x 200V	2A0001B	0,12	0,18	68	128	76	56	118	5	-	-	6,5	3	M4	0,6	1
	2A0002B	0,25	0,37	68	128	76	56	118	5	-	-	6,5	3	M4	0,6	
	2A0004B	0,55	0,75	68	128	108	56	118	5	-	-	38,5	5	M4	0,9	
	2A0006B	0,75	1,1	68	128	128	56	118	5	-	-	58,5	5	M4	1,1	2
	2A0010B	1,5	2,2	108	128	129	96	118	5	-	-	58	5	M4	1,7	
	2A0012B	2,2	3,0	108	128	138	96	118	5	-	-	58	5	M4	1,7	
	2A0020B	4,0	5,5	140	128	143	128	118	5	-	-	65	5	M4	2,4	
	2A0030F	5,5	7,5	140	254	140	122	248	6	13	6	55	5	M5	3,8	3
	2A0040F	7,5	11,0	140	254	140	122	248	6	13	6	55	5	M5	3,8	
	2A0056F	11	15,0	180	290	163	160	284	6	15	6	75	5	M5	5,5	
3 x 400V	4A0001B	0,25	0,37	108	128	81	96	118	5	-	-	10	5	M4	1,0	2
	4A0002B	0,55	0,75	108	128	99	96	118	5	-	-	28	5	M4	1,2	
	4A0004B	0,75	1,5	108	128	138	96	118	5	-	-	58	5	M4	1,7	
	4A0006B	1,5	2,2	108	128	154	96	118	5	-	-	58	5	M4	1,7	
	4A0009B	2,2	3,0	108	128	154	96	118	5	-	-	58	5	M4	1,7	
	4A0011B	3,0	3,7	108	128	154	96	118	5	-	-	58	5	M4	1,7	
	4A0017B	4,0	5,5	140	128	143	128	118	5	-	-	65	5	M4	2,4	3
	4A0018F	5,5	7,5	140	254	140	122	248	6	13	6	55	-	M5	3,8	
	4A0029F	7,5	11,0	140	254	140	122	248	6	13	6	55	-	M5	3,8	
	4A0031F	11	15,0	180	290	143	160	284	8	15	6	55	-	M5	5,2	
	4A0038F	15	18,5	180	290	163	160	284	8	15	6	75	-	M5	5,5	

Rozměry v mm

POUŽÍVANÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ

	NÁZEV	ÚČEL	Typ, označení
EXTERNÍ	Vstupní odrušovací filtr	Odrůšení měniče ve vř. pásmu na požadovanou úroveň. Měl by být umístěn co nejblíže k měniči.	FSZ 3639-□□-07 (sít. 1x230V) FSZ 3637-□□-07 (sít. 3x200V) FSZ 3639-□□-07 (sít. 3x400V)
	Stojnosměrná tlumivka	Snižení harmonického zkreslení vstupního proudu.	řada TTD □□□
	Brzdový odpor	Používá se ke zkrácení brzdné doby měniče. Energie setrvačných hmot se matív odporu. Zatěžovatel 10%, termokontaktizabudován.	řada TR a BR
	Výstupní motorová tlumivka	Snižení napěťových a proudových špiček, kompenzace kapacity kabelu.	řada 3 TTC□□□M
	Výstupní sinusový filtr	Dosažení sinusového průběhu výstupního napětí a částečné potlačení nesymetrických složek výstupního napětí. Používá se při velkých vzdálenostech měnič – motor (až 500m), pro snížení rušivého vyzařování motorového kabelu a snížení napěťového namáhání izolace vinutí motoru a kabelu. Měl by být umístěn co nejblíže k měniči.	řada 3 FSM□□□
KOMUNICAČNÍ MODULY	Mechatrolink-2	Umožňuje řízení měniče přes síťové rozhraní	SI-T3/V
	CC-link		SI-C3/V
	DeviceNet		SI-N3/V
	PROFIBUS-DP		SI-P3/V
	CANopen		SI-S3/V
	PROFINET		SI-EP3/V
	Modbus TCP/IP		SI-EM3/V
	EtherCat		SI-ES3/V
	Ethernet/IP		SI-EN3/V
DIGITÁLNÍ OPERÁTOR, PŘEVODNÍKY A SOFTWARE	Externí digitální LCD operátor	Snadnější ovládání a nastavování pomocí digitálního operátoru s LCD displejem a klávesnicí. Má zabudovanou funkci kopírovací jednotky.	JVOP-160
	Propojovací kabel k LCD operátoru	Kabel pro připojení LCD operátoru	WV001 (1m) WV003 (3m)
	USB kopírovací jednotka (kompatibilní s RJ-45/USB)	Adaptér pro připojení měniče k USB portu PC (např. pro Cx-drive nebo DriveWizard). Slouží i jako kopírovací jednotka pro přenos parametrů mezi měniči, případně k uložení do PC ve formě souboru.	JVOP-161
	Počítačový software	Nástroj pro konfiguraci, ukládání parametrů a monitorování. Nástroj pro programování speciálních funkcí měniče	DriveWizard Plus DriveWorksEZ
	Kabel pro připojení k PC	Připojení měniče k PC (DriveWizard Plus + DWEZ).	WV103
Napájení řídicí desky		Zajišťuje zálohování napájení řídicích obvodů a duplikovaných karet. Pokud je měnit napájen pouze z tohoto zdroje, nemohou být parametry měniče měněny.	PS-V10S (pro výkony 0,1 – 4,0kW) PS-V10M (pro výkony 5,5 – 15kW)
Vnější montáž chladíče		Instalační sada pro montáž chladíče na vnější straně rozváděče.	Informace na vyžádání

DODAVATEL:

ELEKTROPOHONY spol. s r.o.

Závodí 234 744 01 Frenštát pod Radhoštěm

tel.: +420 556 880 611 • fax: +420 556 880 698, e-mail: info@epo.cz • http://www.epo.cz



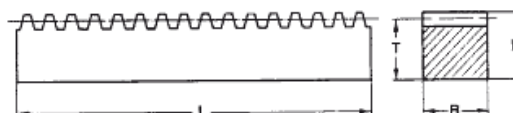
Příloha E - TEA Technik ozubené hřebeny

Ozubené hřebeny

Přímé ozubení | Úhel záběru 20° | Materiál ocel C40 | Frézované



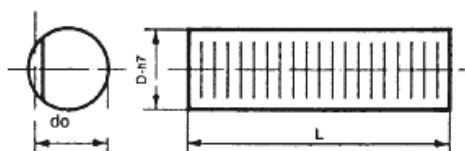
Čtvercový průřez



Objednací číslo	Modul	L	B	T	H	Materiál	Hmotnost [kg]
111000 ST	1,00	1000	10	9,0	10	ocel	0,75
112000 ST	1,00	2000	10	9,0	10	ocel	1,50
101000 ST	1,00	1000	15	14,0	15	ocel	1,64
102000 ST	1,00	2000	15	14,0	15	ocel	3,20
151000 ST	1,50	1000	17	15,5	17	ocel	2,05
152000 ST	1,50	2000	17	15,5	17	ocel	4,10
201000 ST	2,00	1000	20	18,0	20	ocel	2,75
202000 ST	2,00	2000	20	18,0	20	ocel	5,50
251000 ST	2,50	1000	25	22,5	25	ocel	4,00
252000 ST	2,50	2000	25	22,5	25	ocel	8,00
301000 ST	3,00	1000	30	27,0	30	ocel	6,50
302000 ST	3,00	2000	30	27,0	30	ocel	13,00
401000 ST	4,00	1000	40	36,0	40	ocel	11,00
402000 ST	4,00	2000	40	36,0	40	ocel	22,00
501000 ST	5,00	1000	50	45,0	50	ocel	16,00
502000 ST	5,00	2000	50	45,0	50	ocel	32,00
601000 ST	6,00	1000	60	54,0	60	ocel	24,50
602000 ST	6,00	2000	60	54,0	60	ocel	49,00

Prodej jiných délek max. 4m a jiných průřezů na poptávku.
Možnost dodání také v nerezovém provedení (1.4305) nebo v oceli C45.
Ozubené hřebeny lze dodat jako průběžné MC.

Kruhový průřez



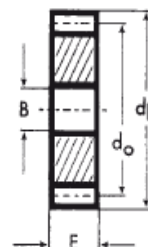
Objednací číslo	Modul	L	D h7	do	Materiál	Hmotnost [kg]
R 101000 ST	1,00	1000	10	9,0	ocel	0,55
R 102000 ST	1,00	2000	10	9,0	ocel	1,10
R 151000 ST	1,50	1000	15	13,5	ocel	1,33
R 152000 ST	1,50	2000	15	13,5	ocel	2,66
R 201000 ST	2,00	1000	20	18,0	ocel	2,31
R 202000 ST	2,00	2000	20	18,0	ocel	4,62
R 251000 ST	2,50	1000	25	22,5	ocel	3,38
R 252000 ST	2,50	2000	25	22,5	ocel	6,76
R 301000 ST	3,00	1000	30	27,0	ocel	5,12
R 302000 ST	3,00	2000	30	27,0	ocel	10,24
R 401000 ST	4,00	1000	40	36,0	ocel	9,09
R 402000 ST	4,00	2000	40	36,0	ocel	18,18
R 501000 ST	5,00	1000	50	45,0	ocel	13,54
R 502000 ST	5,00	2000	50	45,0	ocel	27,08

Možnost dodání také v nerezovém provedení (1.4305).

Příloha F - TEA Technik ozubená kola bez náboje

Čelní ozubená kola

Bez náboje | Přímé ozubení | Úhel záběru 20° | Materiál ocel C40



Modul 1,0

Objednací číslo	Modul	Počet zubů	B	dk	do	E
OK1072	1	72	12	74	72	15
OK1075	1	75	12	77	75	15
OK1076	1	76	12	78	76	15
OK1080	1	80	12	82	80	15
OK1085	1	85	12	87	85	15
OK1090	1	90	12	92	90	15
OK1095	1	95	12	97	95	15
OK10100	1	100	12	102	100	15
OK10110	1	110	12	112	110	15
OK10114	1	114	12	116	114	15
OK10120	1	120	12	122	120	15
OK10127	1	127	12	129	127	15

Modul 1,5

Objednací číslo	Modul	Počet zubů	B	dk	do	E
OK1572	1,5	72	16	111,0	108,0	17
OK1575	1,5	75	16	115,5	112,5	17
OK1576	1,5	76	16	117,0	114,0	17
OK1580	1,5	80	16	123,0	120,0	17
OK1585	1,5	85	16	130,5	127,5	17
OK1590	1,5	90	16	138,0	135,0	17
OK1595	1,5	95	16	145,5	142,5	17
OK15100	1,5	100	16	153,0	150,0	17
OK15110	1,5	110	16	168,0	165,0	17
OK15114	1,5	114	16	174,0	171,0	17
OK15120	1,5	120	16	183,0	180,0	17
OK15127	1,5	127	16	193,5	190,5	17

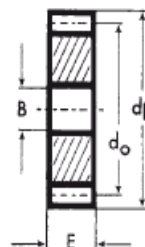
Modul 2.0

Objednací číslo	Modul	Počet zubů	B	dk	do	E
OK2072	2	72	16	148	144	20
OK2075	2	75	20	154	150	20
OK2076	2	76	20	156	152	20
OK2080	2	80	20	164	160	20
OK2085	2	85	20	174	170	20
OK2090	2	90	20	184	180	20
OK2095	2	95	20	194	190	20
OK20100	2	100	20	204	200	20
OK20110	2	110	20	224	220	20
OK20114	2	114	20	232	228	20
OK20120	2	120	20	244	240	20
OK20127	2	127	20	258	254	20



Čelní ozubená kola

Bez náboje | Přímé ozubení | Úhel záběru 20° | Materiál ocel C40



Modul 2,5

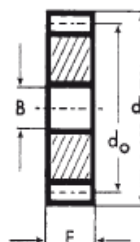
Objednací číslo	Modul	Počet zubů	B	dk	do	E
OK2565	2,5	65	20	167,5	162,5	25
OK2570	2,5	70	20	180,0	175,0	25
OK2572	2,5	72	20	185,0	180,0	25
OK2575	2,5	75	20	192,5	187,5	25
OK2576	2,5	76	20	195,0	190,0	25
OK2580	2,5	80	25	205,0	200,0	25
OK2585	2,5	85	25	217,5	212,5	25
OK2590	2,5	90	25	230,0	225,0	25
OK2595	2,5	95	25	242,5	237,5	25
OK25100	2,5	100	25	255,0	250,0	25
OK25110	2,5	110	25	280,0	275,0	25
OK25114	2,5	114	25	290,0	285,0	25
OK25120	2,5	120	25	305,0	300,0	25
OK25127	2,5	127	25	322,5	317,5	25

Modul 3,0

Objednací číslo	Modul	Počet zubů	B	dk	do	E
OK3050	3	50	20	156	150	30
OK3052	3	52	20	162	156	30
OK3055	3	55	20	171	165	30
OK3057	3	57	20	177	171	30
OK3060	3	60	20	186	180	30
OK3065	3	65	20	201	195	30
OK3070	3	70	25	216	210	30
OK3072	3	72	25	222	216	30
OK3075	3	75	25	231	225	30
OK3076	3	76	25	234	228	30
OK3080	3	80	25	246	240	30
OK3085	3	85	25	261	255	30
OK3090	3	90	25	276	270	30
OK3095	3	95	25	291	285	30
OK30100	3	100	25	306	300	30
OK30110	3	110	25	336	330	30
OK30114	3	114	30	348	342	30
OK30120	3	120	30	366	360	30
OK30127	3	127	30	387	381	30

Čelní ozubená kola

Bez náboje | Úhel záběru 20° | Materiál ocel C40



Modul 4,0

Objednací číslo	Modul	Počet zubů	B	dk	do	E
OK4038	4	38	25	160	152	40
OK4040	4	40	25	168	160	40
OK4045	4	45	25	188	180	40
OK4048	4	48	25	200	192	40
OK4050	4	50	25	208	200	40
OK4052	4	52	25	216	208	40
OK4055	4	55	25	228	220	40
OK4057	4	57	25	236	228	40
OK4060	4	60	25	248	240	40
OK4065	4	65	25	268	260	40
OK4070	4	70	25	288	280	40
OK4075	4	75	25	308	300	40
OK4076	4	76	25	312	304	40
OK4080	4	80	25	328	320	40
OK4085	4	85	25	348	340	40
OK4090	4	90	25	368	360	40
OK4095	4	95	25	388	380	40
OK40100	4	100	25	408	400	40
OK40110	4	110	25	448	440	40
OK40114	4	114	25	464	456	40

Modul 5,0

Objednací číslo	Modul	Počet zubů	B	dk	do	E
OK5032	5	32	25	170	160	50
OK5035	5	35	25	185	175	50
OK5038	5	38	25	200	190	50
OK5040	5	40	25	210	200	50
OK5045	5	45	25	235	225	50
OK5048	5	48	25	250	240	50
OK5050	5	50	30	260	250	50
OK5052	5	52	30	270	260	50
OK5055	5	55	30	285	275	50
OK5057	5	57	30	295	285	50
OK5060	5	60	30	310	300	50
OK5065	5	65	30	335	325	50
OK5070	5	70	30	360	350	50
OK5075	5	75	30	385	375	50
OK5076	5	76	30	390	380	50
OK5080	5	80	30	410	400	50
OK5085	5	85	30	435	425	50
OK5090	5	90	30	460	450	50
OK5095	5	95	30	485	475	50
OK50100	5	100	30	510	500	50
OK50110	5	110	30	560	550	50
OK50114	5	114	30	580	570	50

Modul 6,0

Objednací číslo	Modul	Počet zubů	B	dk	do	E
OK6028	6	28	25	180	168	60
OK6030	6	30	25	192	180	60
OK6032	6	32	25	204	192	60
OK6035	6	35	25	222	210	60
OK6038	6	38	25	240	220	60
OK6040	6	40	25	252	240	60

Příloha G – Kontrola hřídele na míjivý krut (Mitalc)

Návrh a výpočet hřídele Výpočet hřídele Čistit tabulku výsledků

i Výpočet bez chyb.
ii Informace o projektu

Kapitola vstupních parametrů

1.0 Předběžný návrh průměru hřídele

1.1 Jednotky výpočtu SI Units (N, mm, kW...)

1.2 Přenášený výkon 1.23 [kW]

1.3 Otáčky hřídele 58.67 [/min]

1.4 Krouticí moment 200.21 [Nm]

1.5 Předběžný min. průměr 37.94 [mm]

1.6 Typ zatížení hřídele C... Míjivý krut + ohyb

1.7 Materiál hřídele (pevnost v tahu) C... Ocel s vysokou pevností (1200)

2.0 Tvar a rozměry hřídele

2.1 Měřítko průměru zobrazeného hřídele 1:1 ☐ Jednotky výpočtu SI Units (N, mm, kW...)

2.2 Tabulka

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Počátek	0.00	1.00	5.00	6.85	265.55	267.40	376.40	377.40	377.40	377.40
L	1.000	4.000	1.850	258.700	1.850	109.000	1.000			
ø Da	33.000	35.000	33.000	35.000	33.000	35.000	35.000			
ø Db	35.000	35.000	33.000	35.000	33.000	35.000	35.000			
ø da	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
ø db	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
R	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			

2.3 Celková délka hřídele 377.40 [mm]

2.4 X-ová souřadnice levé podpory (ložiska) Pevná 14.00 [mm]

2.5 X-ová souřadnice pravé podpory (ložiska) Volná 258.50 [mm]

2.6 Povrch hřídele (Drsnost Ra) C... Broušeno (0.8)

3.0 Vrub a zápichy na hřídeli

3.1 Mez pevnosti v tahu (Su, Rm) 595.0 [MPa] ☒

3.2 Koefficient citlivosti materiálu (q) 0.45

3.3 A. Průchozí díra

X[mm]	d[mm]	β c	β b	β t
		1.00	1.00	1.00
		1.00	1.00	1.00

3.4 B. Zápich

X[mm]	d[mm]	r[mm]	β c	β b	β t
			1.00	1.00	1.00
			1.00	1.00	1.00
			1.00	1.00	1.00

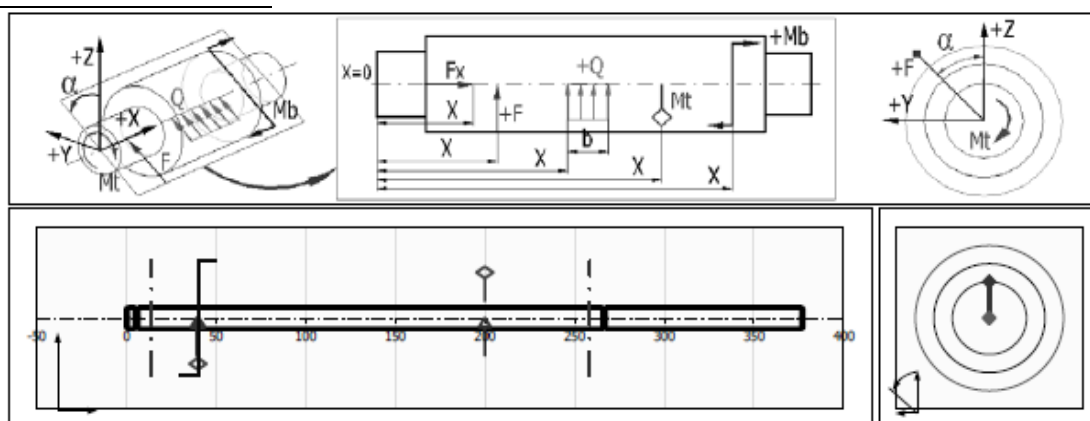
3.5 C. Obecný vrub

X[mm]	b[mm]	β c	β b	β t
31.00	35.00	1.64	1.64	1.37
205.00	35.00	1.64	1.64	1.37
		1.00	1.00	1.00
		1.00	1.00	1.00
		1.00	1.00	1.00

3.6 D. Zaoblení mezi válcovými úseky hřídele

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
β c	1.00	3.20	3.20	3.20	3.20	1.00	1.00	1.00	1.00
β b	1.00	3.04	3.04	3.04	3.04	1.00	1.00	1.00	1.00
β t	1.00	1.94	1.94	1.94	1.94	1.00	1.00	1.00	1.00

4.0 Zatížení hřídele



4.1 Zatížení	X	Fx	F	alfa	Mt	Mb	alfa	Q	b	alfa
	[mm]	[N]	[N]	[°]	[Nm]	[Nm]	[°]	[N/mm]	[mm]	[°]
1	40.00	0.0	1000.0	0	50.00	30.00				
2	200.00	0.0	1000.0	0	-50.00	0.00				
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

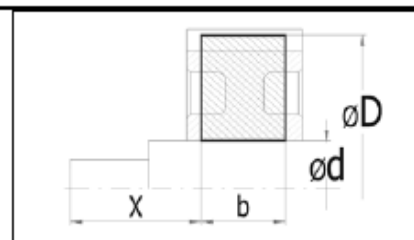
5.0 Rotující hmoty

5.1 Dodatečné rotující hmoty (výpočet kritických otáček)

5.2 Použít zatížení od hmotnosti kotoučů ve výpočtu?

Ano

5.3	X	D	d	b	Ro	m
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m ³]	[kg]
M1	56.00	210.00	35.00	20.00	7800.0	5.25
M2	156.00	210.00	35.00	20.00	7800.0	5.25
M3	0.00	0.00	0.00	0.00	7800.0	0.00
M4	0.00	0.00	0.00	0.00	7800.0	0.00
M5	0.00	0.00	0.00	0.00	7800.0	0.00



6.0 Materiál a způsob namáhání

6.1 Materiál hřídele (Pevnost v tahu min-max)

B...Zubstředně a legovaná ocel (500 - 1400)	1130	[MPa]
6.2 Mez pevnosti v tahu	Su/Rm	595 [MPa]
6.3 Mez kluzu v tahu	Sr/Re	387 [MPa]
6.4 Mez kluzu v ohybu	S ₀₂ /R _{e0}	464 [MPa]
6.5 Mez kluzu ve smyku	S ₀₂ /R _{e0}	271 [MPa]
6.6 Pro střídavé zatížení		
6.7 Mez únavy - tah/tlak	σ _c	214 [MPa]
6.8 Mez únavy - ohyb	σ _{ac}	286 [MPa]
6.9 Mez únavy - krut	τ _c	179 [MPa]
6.10 Pro míjivé zatížení		
6.11 Mez únavy - tah/tlak	σ _{1c}	321 [MPa]
6.12 Mez únavy - ohyb	σ _{1ac}	428 [MPa]
6.13 Mez únavy - krut	τ _{1c}	250 [MPa]
6.14 Měrná hmotnost	Ro	7850.0 [kg/m ³]
6.15 Modul pružnosti v tahu	E	210000 [MPa]
6.16 Modul pružnosti ve smyku	G	80000 [MPa]
?		

6.17 Zatížení vlastní vahou

Ano

6.18 Max. zobrazený součinitel bezpečnosti

20

6.19 Součinitel namáhání

α₀ 1.15

6.20 Součinitel max. zatížení

6.21 Ohyb

1.00

6.22 Posouvající síla

1.00

6.23 Krut

2.00

6.24 Tah/Tlak

1.00

6.25 Zatěžovací podmínky

6.26 Zatížení ohybovým momentem

A... Statické

6.27 Zatížení posouvající silou

A... Statické

6.28 Zatížení kroutícím momentem

B... Míjivé

6.29 Zatížení tahovou/tlakovou silou

A... Statické

6.30 Dynamická kontrola

6.31 Vliv povrchu hřídele

Ano

6.32 Vliv velikosti hřídele

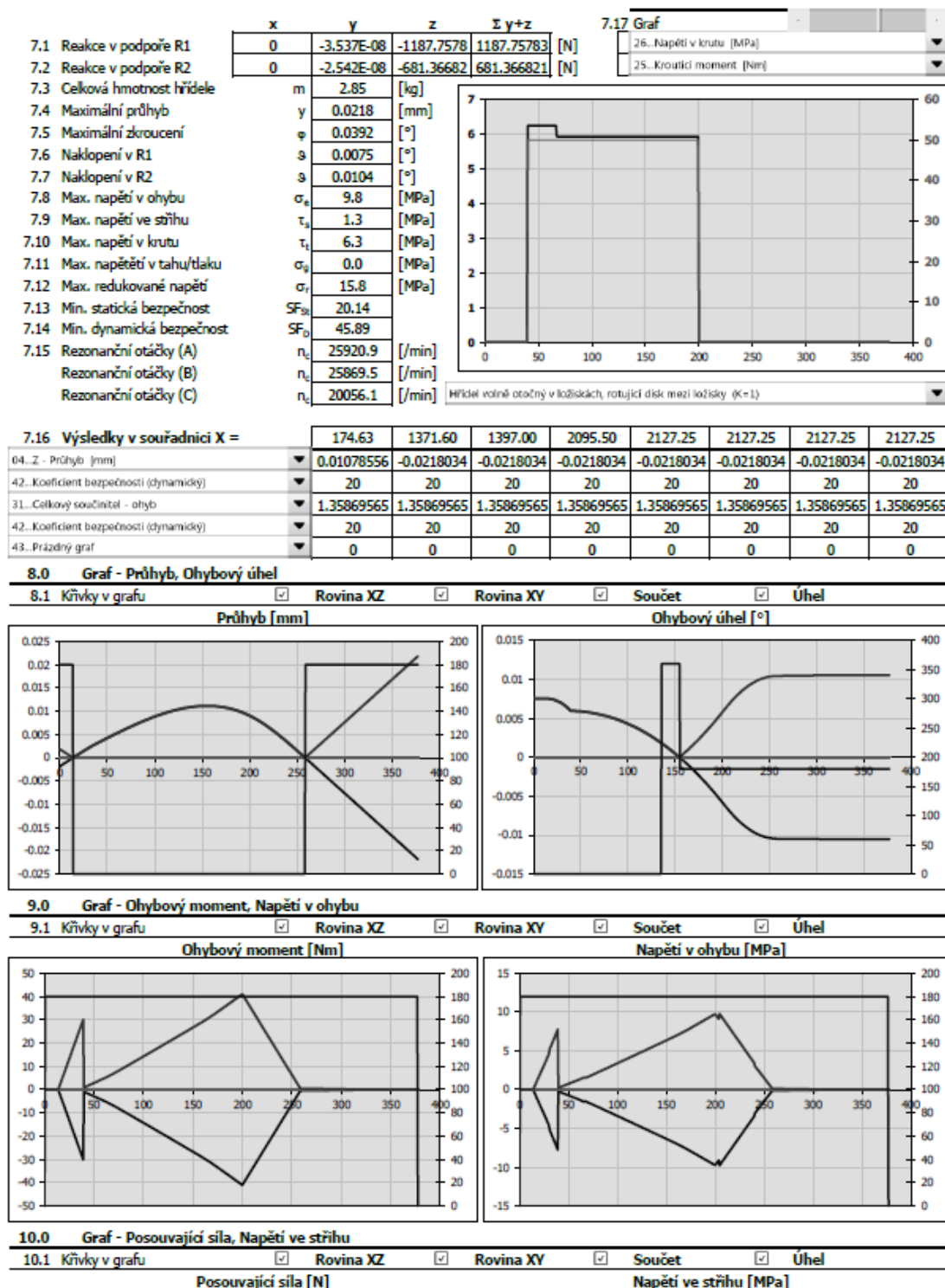
Ano

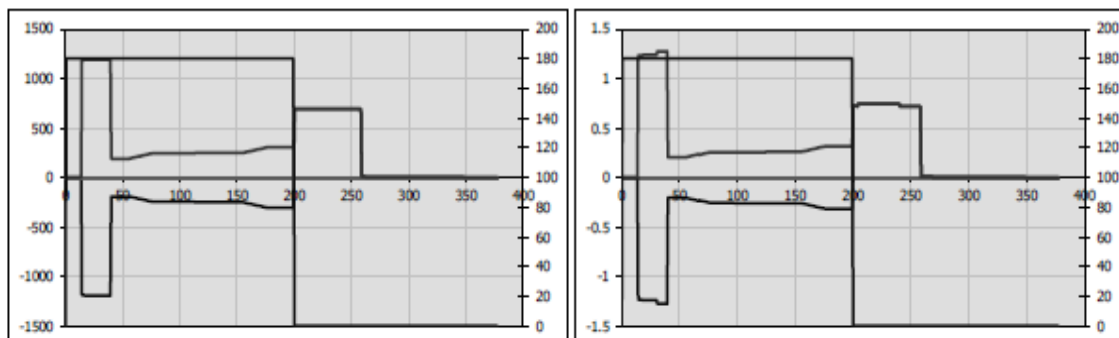
6.33 Vliv koncentrace napětí (vrub)

Ano

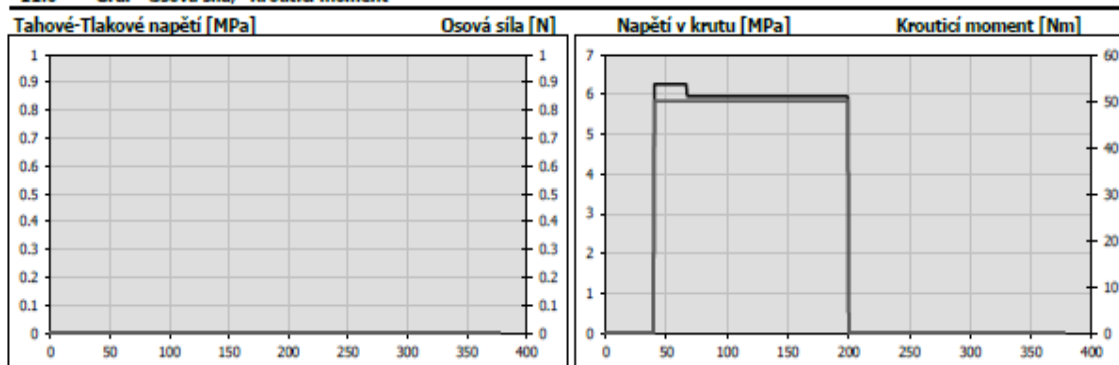
Kapitola výsledků

7.0 Výsledky - shrnutí

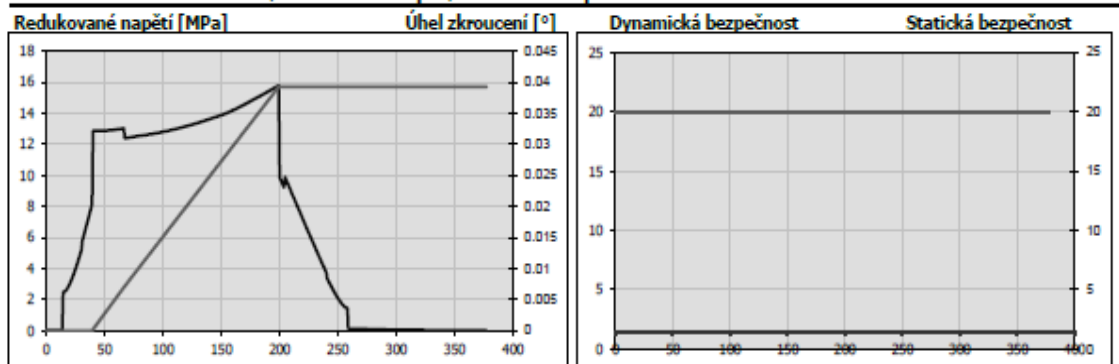




11.0 Graf - Osová síla, Kroutidí moment



12.0 Graf - Úhel zkroucení, Redukované napětí, Koeficient bezpečnosti



13.0 Grafický výstup, CAD systémy

13.1 Výstup 2D výkresu do:

DXF soubor

13.2 Měřítko 2D výkresu

Automaticky



13.3 Textový popis (Informace pro kusovník)

Řádek 1 (Kusovník atribut 1)

Řádek 2 (Kusovník atribut 2)

Řádek 3 (Kusovník atribut 3)

Hřídel

Dmax=35 [mm]; Lmax=377.4 [mm]

Materiál:Zušlechťená a legovaná ocel



Příloha H – Kontrola ložiska (Mitcalc)


Valivá ložiska SKF

i Zkontrolujte řádek: 3.13;
ii Informace o projektu

Kapitola vstupních parametrů

1.0 Volba typu ložiska, zatížení ložiska

1.1 Jednotky výpočtu SI Units (N, mm, kW,...)

1.2 Typ ložiska  Kuličková ložiska jednodílná

1.3 Provedení ložiska

1.4 Utěsněné oboustranně

1.5 Pár sdrůžených ložisek

1.6 Normální ložisková vůle

1.7 Zatížení ložiska

1.8 Otáčky n 60.0 [1/min]

1.9 Radiální zatížení Fr 2000.0 [N]

1.10 Axiální zatížení Fa 0.0 [N]

1.11 Součinitel přidavných dynamických sil 1.82

1.12 Požadované parametry ložiska

1.13 Trvanlivost ložiska Lh 100000 [h]

1.14 Součinitel statické bezpečnosti s0 3.00

1.15 Přidavné dynamické síly

1.16 Žádné

1.17 Od ozubených převodů

1.18 Běžná ozubená kola (úchytky tvaru a rozteče 0.02 až 0.1 mm)

1.19 Součinitel fk 1.1 - 1.3 1.40

1.20 Elektrické točivé stroje, turbíny, turbokompresory

1.21 Součinitel fd 1 - 1.2 1.30

1.22 Od řemenových převodů

1.23 Křínové řemeny

1.24 Součinitel fb 1.9 - 2.5 2.20

2.0 Volba rozměrů ložiska

2.1 Rozměry ložiska

ID	d	D	2B	C	C0	nr	nmax	Ložisko
117	35,0	62,0	28,0	27220	20400		7000	6007-2RS1 *

2.2 Parametry ložiska

2.3 Základní dynamická únosnost C 27220 [N]

2.4 Dynamické ekvivalentní zatížení P 3640 [N]

2.5 Základní trvanlivost L10h 116160 [h]

2.6 Základní statická únosnost C0 20400 [N]

2.7 Statické ekvivalentní zatížení P0 3640 [N]

2.8 Součinitel statické bezpečnosti s0 5.6

2.9 Dovolené radiální zatížení Frmax - [N]

2.10 Dovolené axiální zatížení Famax - [N]

2.11 Referenční otáčky nr - [1/min]

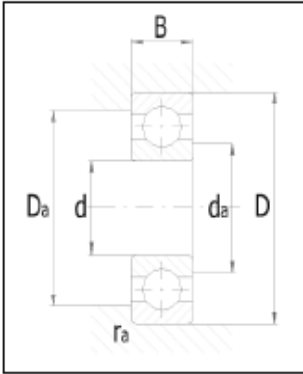
2.12 Mezní otáčky nmax 7000 [1/min]

2.13 Zbrátový výkon NR 0.6 [W]

2.14 Váha ložiska g 0.32 [kg]

2.15 Rozměry ložiska

d	35
D	62
2B	28
ramax	1
Damax	57.4
damin	39.6



3.0 Provozní parametry, modifikovaná trvanlivost ložiska

3.1 Kinematická viskozita maziva

3.2 Vztahná viskozita V1 195 [mm²/s]

3.3 Provozní viskozita V 20.1 [mm²/s]

3.4 Viskozní poměr k 0.1

3.5 Požadované minimální zatížení

3.6 Minimální radiální zatížení Frmin 6.66 [N]

3.7 Výpočet modifikované trvanlivosti

3.8 Mezní únavové zatížení Pu 880 [N]

3.9 Požadovaná spolehlivost 95 %

3.10 Znečištění maziva Typické znečištění

3.11 Součinitel úrovně znečištění η 0.3 - 0.1 0.20

3.12 Součinitel trvanlivosti a1/a23 0.62 0.1

3.13 Modifikovaná trvanlivost Lmh 7202 [h]

Kapitola doplňků

4.0 Pomocné výpočty

4.1 Výpočet provozní viskozity

4.2 Provozní teplota T 50.0 [°C]

4.3 Minerální oleje

4.4 Viskozitní stupeň ISO ISO VG 68

4.5 Referenční viskozita V40 68.0 [mm²/s]

4.6 Provozní viskozita V 42.8 [mm²/s]

4.7 Jiná maziva

4.8 Teplota 40.0 100.0 [°C]

4.11 Mazání ložiska

4.12 Způsob mazání Mazání olejem

4.13 Požadovaný průtok oleje v 0.002 [l/min]

4.14 Domazávací období tf - [h]

4.15 Výpočet dovolených otáček

4.16 Referenční otáčky nr - [1/min]

4.17 Referenční viskozita V40 68.0 [mm²/s]

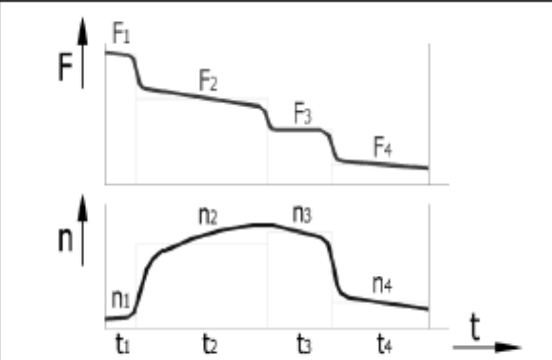
4.9	Viskozita	100.0	11.3	[mm ² /s]	4.18	Dovolené otáčky	nperm	-	[/min]
4.10	Provozní viskozita	V	61	[mm ² /s]					

5.0 ☒ Proměnlivé zatížení ložiska

5.1 Počet různých podmínek zatížení 2

5.2 Tabulka zatížení

i	Fri [N]	Fai [N]	ni [/min]	ti/t [%]
1	1800.0	0.0	20.0	25.0
2	1600.0	0.0	40.0	75.0
3	1200.0	0.0	60.0	95.0
4	800.0	0.0	60.0	95.0
5	400.0	0.0	60.0	95.0
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				



5.3 Střední zatížení

5.4	Otáčky	n	35	[/min]
5.5	Radialní zatížení	Fr	1631.7	[N]
5.6	Axiální zatížení	Fa	0	[N]

5.7 Přenos zatížení do hlavního výpočtu ☒

6.0 ☐ Výpočet ložisek s kosoúhlým stykem

7.0 ☒ Grafický výstup, CAD systémy

7.1	Výstup 2D výkresu do:	AutoCAD 2004
7.2	Měřítko 2D výkresu	Automaticky

7.3 Textový popis (Informace pro kusovník)

7.4 Řádek 1 (Kusovník atribut 1)

7.5 Řádek 2 (Kusovník atribut 2)

7.6 Řádek 3 (Kusovník atribut 3)

Ložiskový pár

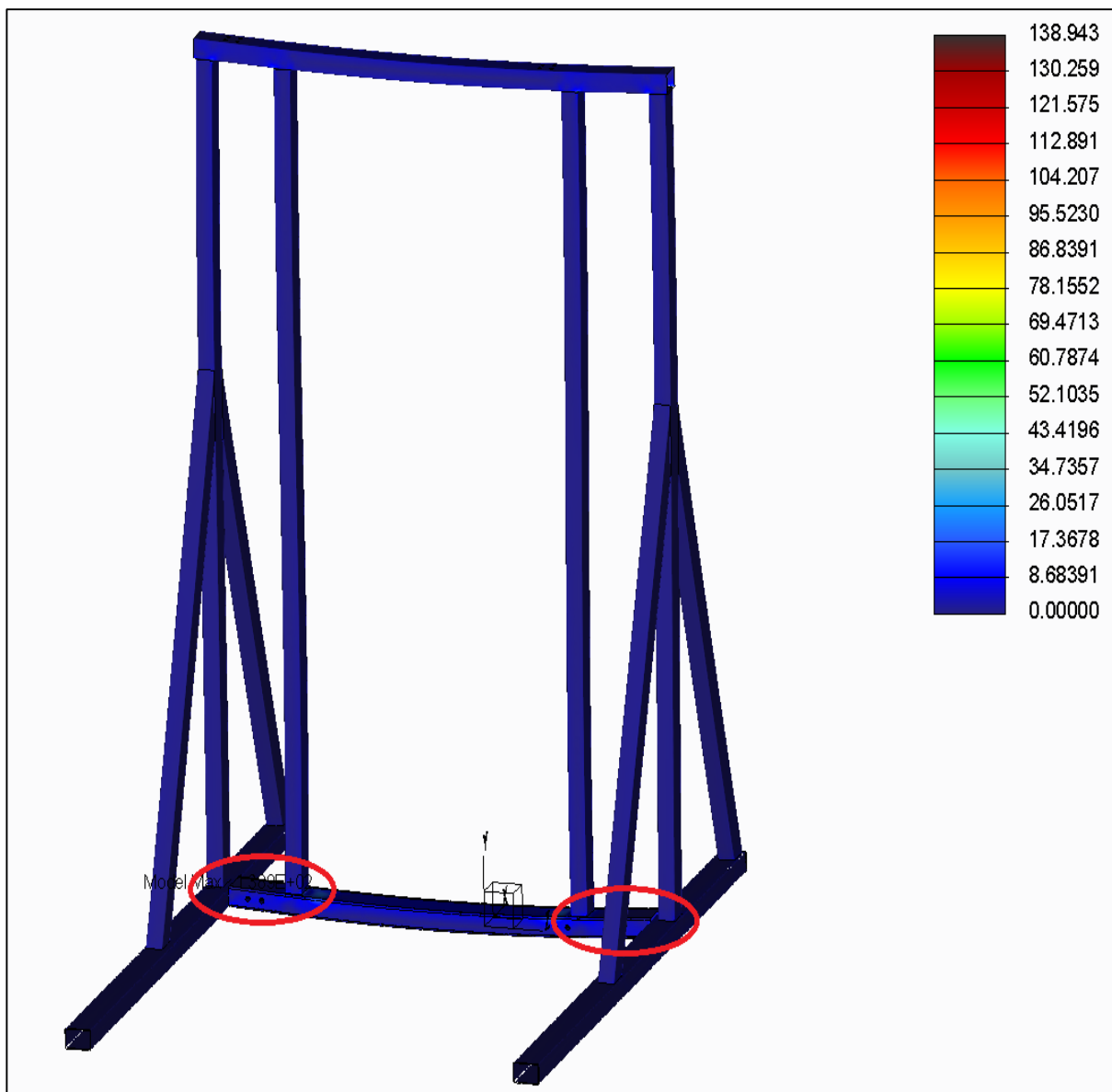
6007-2RS1

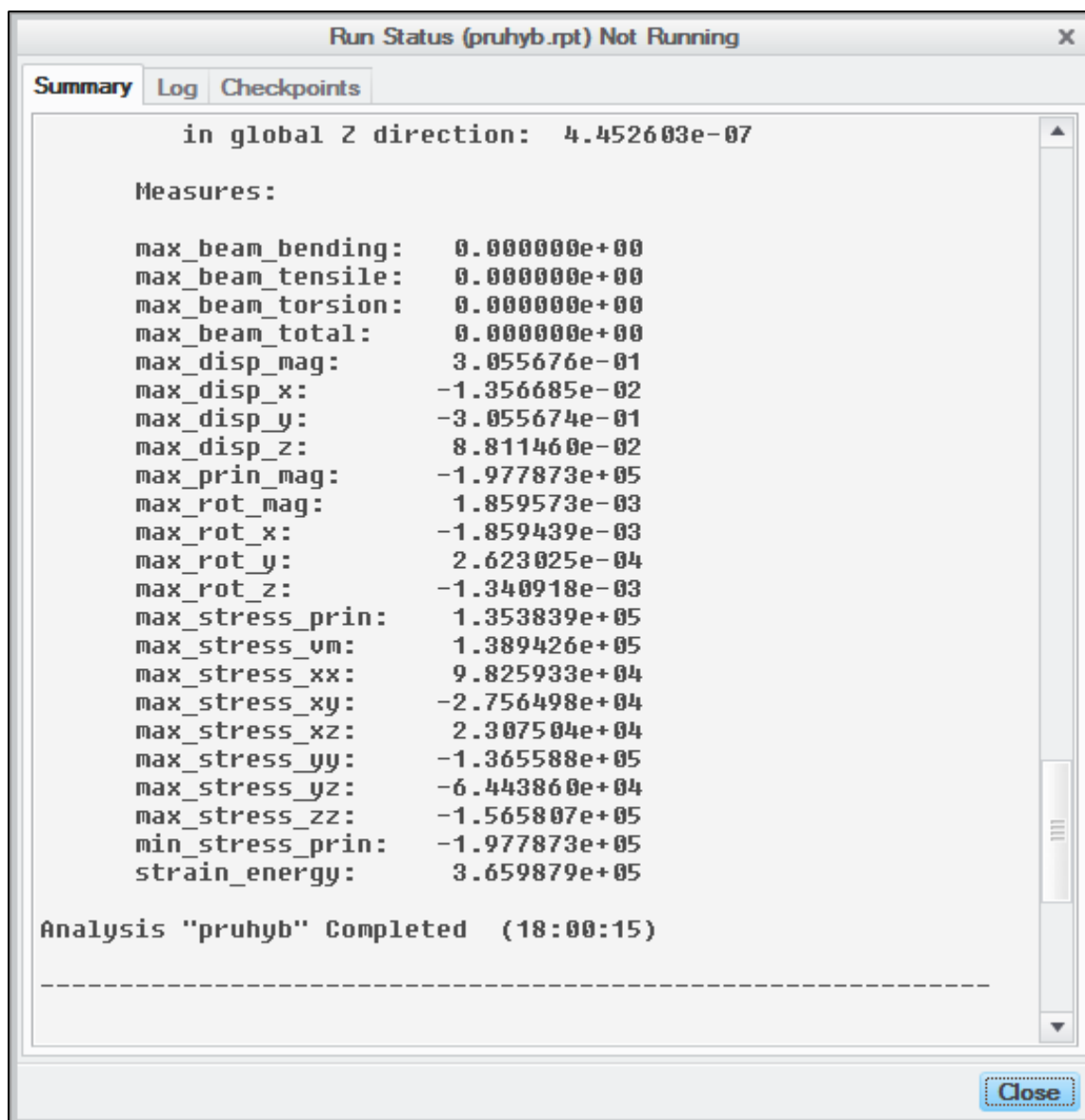
SKF

☒

Příloha H – Kontrola napětí a průhybu rámu (Creo 2.0)

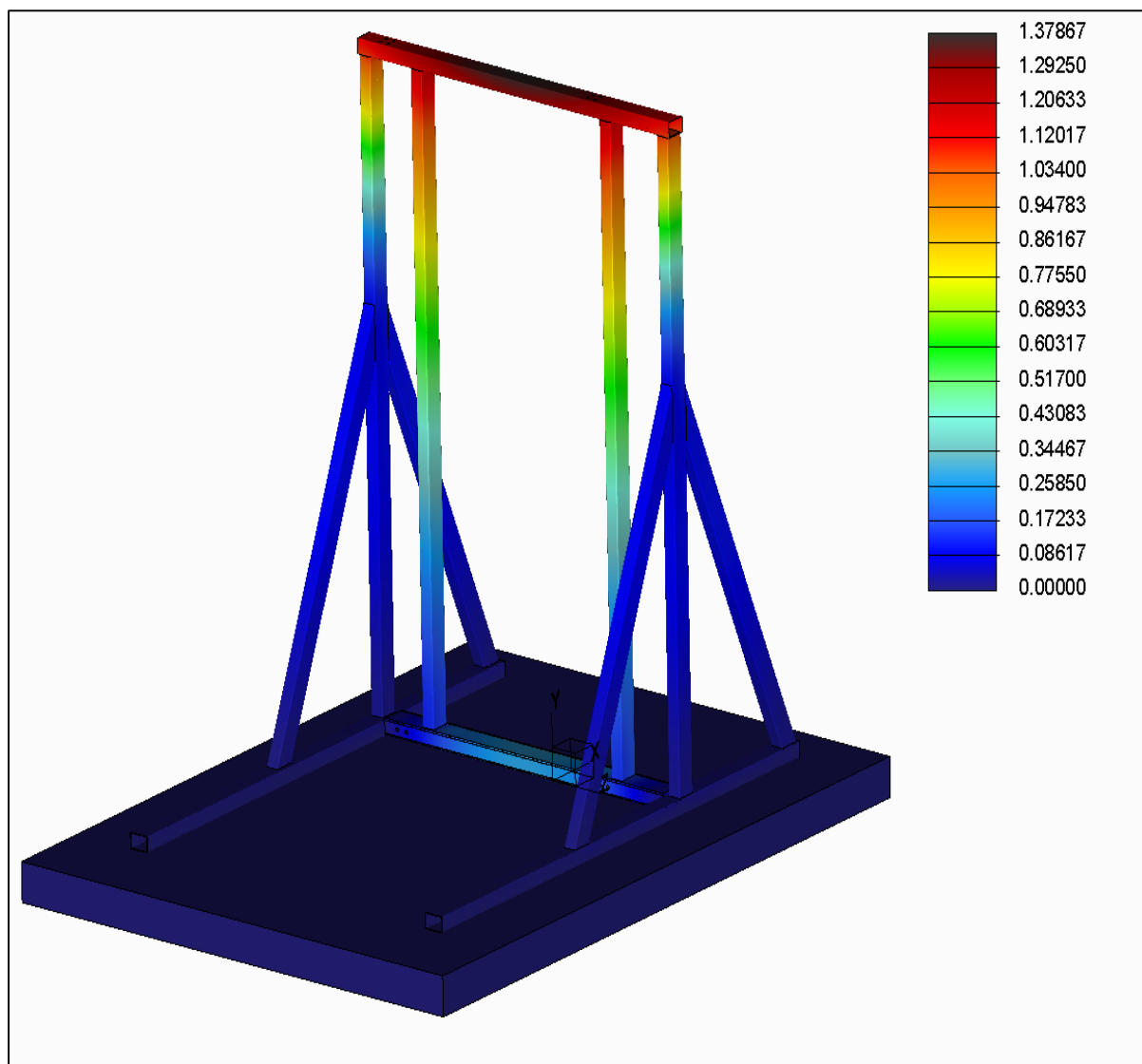
Maximální napětí je 139 MPa. Vzniká pouze jako špičkové napětí ve spodní příčce rámu. Maximální průhyb je velice malý 0,3mm. U takovéto konstrukce je zanedbatelný.

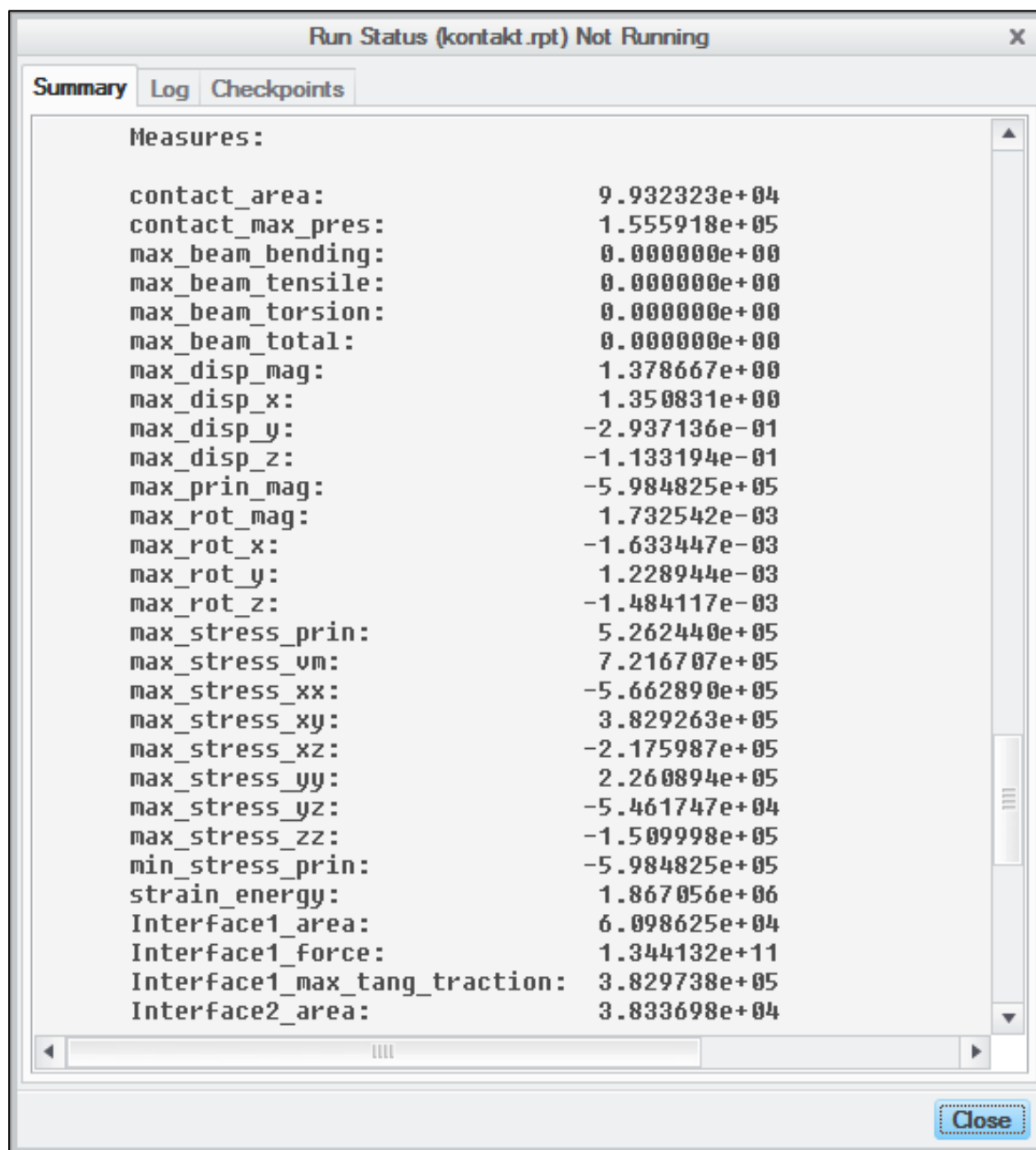




Příloha I – Kontrola rámu při zavření dveří (Creo 2.0)

Pro tuto kontrolu bylo využito kontaktní úlohy a byla prováděna z toho důvodu, aby se zjistilo, zda se rám po zavření dveří posune po zemi. Tato analýza posuv nepotvrdila a bylo zjištěno, že maximální průhyb rámu v horní části při takovém zavření, kdy dveře vyvodí sílu 1kN je asi 1,4mm. Pro navržený způsob testování je výsledek v pořádku a hodnota je naprosto zanedbatelná.





Příloha J - Průběh zrychlení a rychlosti dveří (Creo 2.0)

